

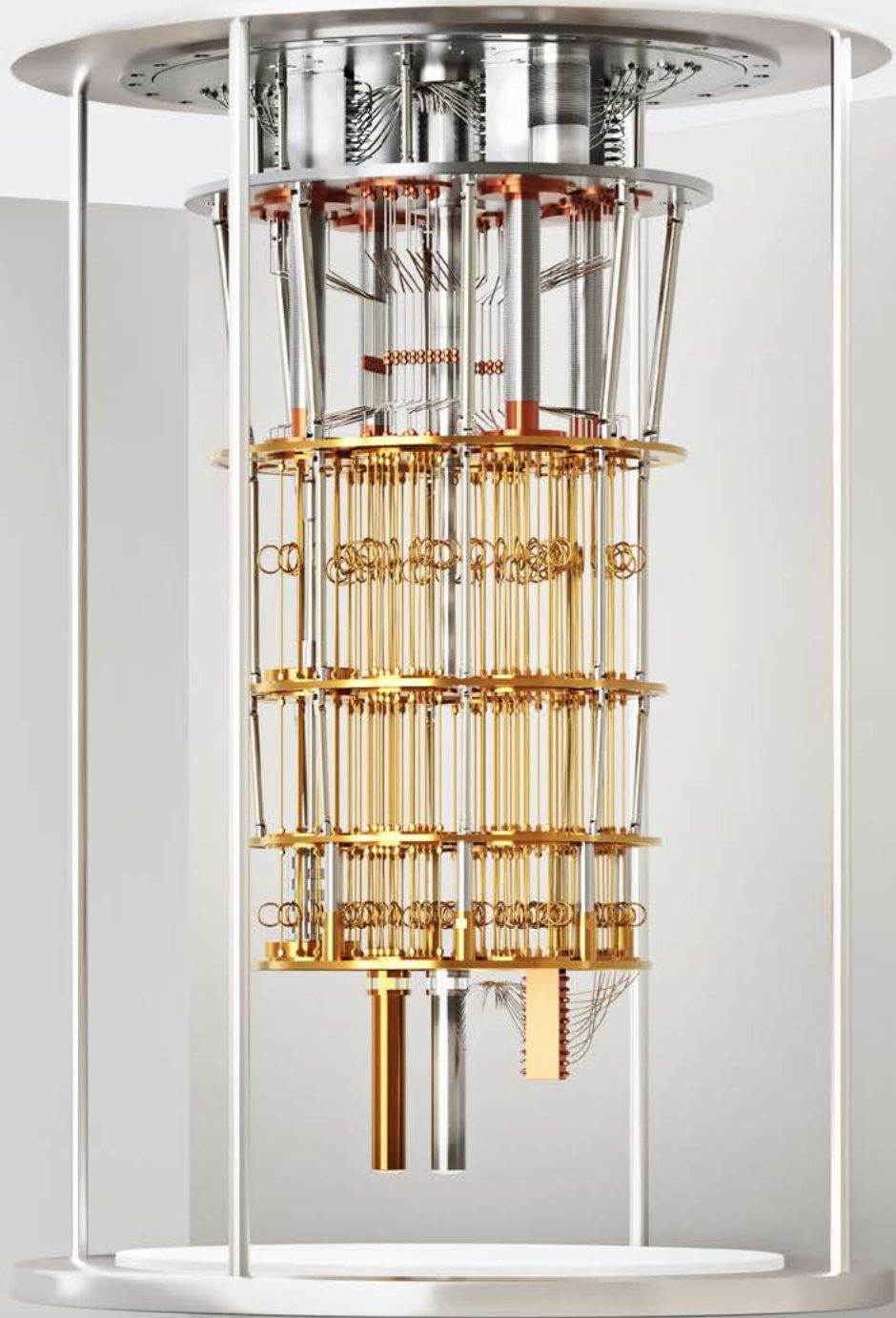
SCHWERPUNKTTHEMA

DATEN IN NEUEN DIMENSIONEN

Das Magazin des Paul Scherrer Instituts

02 / 2022

2022



SCHWERPUNKTTHEMA: DATEN IN NEUEN DIMENSIONEN



HINTERGRUND

Schneller und smarter

Wenn Grossforschungsanlagen wie der Schweizer Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL und die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS auf Hochtouren laufen, produzieren sie gewaltige Mengen an Daten. Sie zu gewinnen, zu verarbeiten und auszuwerten, ist eine enorme Aufgabe.

Seite 10

1

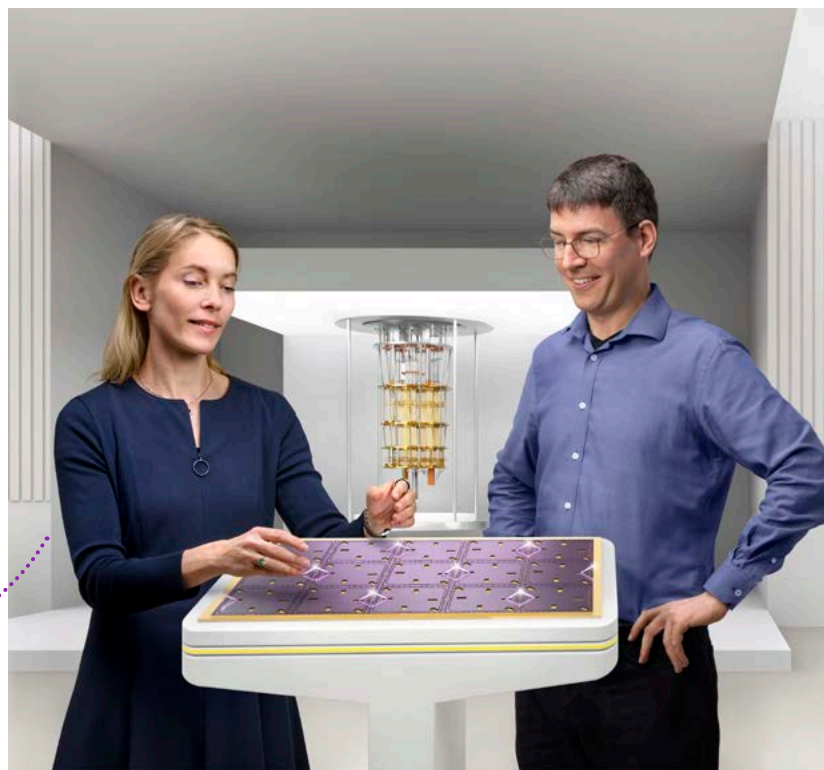
HINTERGRUND

Lösung für das Unlösbare

PSI und ETH Zürich haben den Quantum-Computing-Hub gegründet. Spitzenforschende arbeiten dort gemeinsam an Konzepten für Quantencomputer, die herkömmliche Computer bei bestimmten Rechenaufgaben einmal bei Weitem übertreffen sollen.

Seite 18

3





2

INFOGRAFIK

Schritt für Schritt – oder alles zugleich

Der Quantencomputer revolutioniert die Computertechnik. Weil seine Qubits miteinander in Verbindung stehen und viele verschiedene Zustände gleichzeitig annehmen, kann er Rechenaufgaben ausführen, die klassische Computer niemals lösen können.

Seite 16

INHALT

NACHGEFRAGT	
Was machen Sie da, Herr Rüegg?	4
ALLTAG	
Schlüssel und Schloss	6
FORSCHUNG	
Aufspüren und andocken	7
 SCHWERPUNKTTHEMA: DATEN IN NEUEN DIMENSIONEN	8
 HINTERGRUND Schneller und smarter	10
 INFOGRAFIK Schritt für Schritt – oder alles zugleich	16
 HINTERGRUND Lösung für das Unlösbare	18
IM BILD	
Schaltplan des Gehirns	21
IN DER SCHWEIZ	
Herkules und Akkus durchleuchtet	22
Sowohl für antike Gegenstände als auch für moderne Technologien braucht es Untersuchungsmethoden, bei denen das Objekt komplett intakt bleibt. Forschende am PSI nutzen dafür Elementarteilchen namens Myonen.	
IN KÜRZE	
Aktuelles aus der PSI-Forschung	26
1 Neuer, besserer Corona-Virus-Schnelltest	
2 Simulation hilft bei Aufräumarbeiten in Fukushima	
3 Mehr Einblick in den Sehsinn	
4 Mist und Gülle als Energie-Ressourcen	
GALERIE	
Kunst am PSI	28
Hier zeigen wir Ihnen eine Auswahl an Kunstwerken, die am PSI zu sehen sind.	
ZUR PERSON	
Chancen ergreifen	34
Als Doktorand baute Philipp Kraft am PSI einen neuartigen Röntgendetektor. Heute wirkt er bei der Modernisierung des Testzentrums eines Finanzinstituts mit.	
WIR ÜBER UNS	38
IMPRESSUM	40
AUSBLICK	41



Was machen Sie da, Herr Rüegg?

Der Krieg in der Ukraine bringt viele Menschen in grösste Not und fordert uns auf, unsere grundlegenden Werte zu reflektieren und zu verteidigen. Direktor Christian Rüegg erläutert, mit welchen Massnahmen das PSI den Betroffenen die Hand reicht und wie gerade jetzt die Wissenschaft gefordert ist.

NACHGEFRAGT

Herr Rüegg, der Krieg in der Ukraine bringt grosses Leid über viele Menschen. Wie kann das PSI als Forschungsinstitut hier unterstützen?

Wir unterstützen zum einen betroffene ukrainische Forschende. Das PSI ist Mitglied im internationalen Netzwerk «Scholars at Risk» und kann sich daher an den Hilfsangeboten des Schweizerischen Nationalfonds beteiligen. Zudem haben wir beschlossen, auslaufende Arbeitsverträge von ukrainischen Mitarbeitenden bis mindestens Ende des Jahres zu verlängern. Wichtig ist für uns auch der direkte, persönliche Austausch. Wir sprechen mit unseren ukrainischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und versuchen für ihre Sorgen und Nöte individuelle Lösungen zu finden.

In welcher Weise ist in einer Situation wie dieser die Wissenschaft in ihrem Selbstverständnis gefordert?

Wir müssen unsere Werte nach aussen tragen. Die Wissenschaft lebt vom offenen und internationalen Austausch. Wie schon in der COVID-19-Pandemie ist sie Teil der Lösung und nicht das Problem. Wir verstehen Wissenschaft als globale Gemeinschaft. Nationale, ideologische oder politische Grenzen haben in unserem Selbstverständnis keinen Platz. Am Paul Scherrer Institut arbeiten Mitarbeitende aus über 60 Nationen – auch aus der Ukraine und aus Russland – friedlich an dem gemeinsamen Ziel, Wissenschaft und Forschung zum Nutzen aller Menschen voranzubringen. Die Wissenschaft baut Brücken auf, sie reisst diese nicht ab. Dieses hohe Gut müssen wir schützen. Gleichzeitig setzen wir die Sanktionen der Schweiz gegen Russland um.

Welche Entwicklung erwarten Sie für die Zukunft?

Die Kontakte und Freiheit seit dem Ende des Kalten Kriegs haben viele gesellschaftliche, wirtschaftliche und wissenschaftliche Früchte getragen. Innerhalb weniger Wochen hat sich die Welt nun wieder grundlegend geändert. Wir müssen befürchten, dass sich nach diesem Krieg die politischen Systeme für lange Zeit unversöhnlich gegenüberstehen und sich die Fronten zwischen unterschiedlichen Weltansichten global zunehmend verhärten. Der Austausch von Ideen und Technologie wird nicht mehr selbstverständlich sein, wie wir es bisher gewohnt waren. Mit diesem Spannungsfeld müssen wir lernen umzugehen. Gerade in dieser schwierigen Zeit ist es besonders wichtig, einander respektvoll zu begegnen und den Dialog zu suchen. Frieden und globaler Fortschritt müssen unser aller Ziel sein. Sie sind nötig, um die grossen Herausforderungen zum Beispiel für das Klima und die Gesundheit mithilfe der Wissenschaft zu lösen.

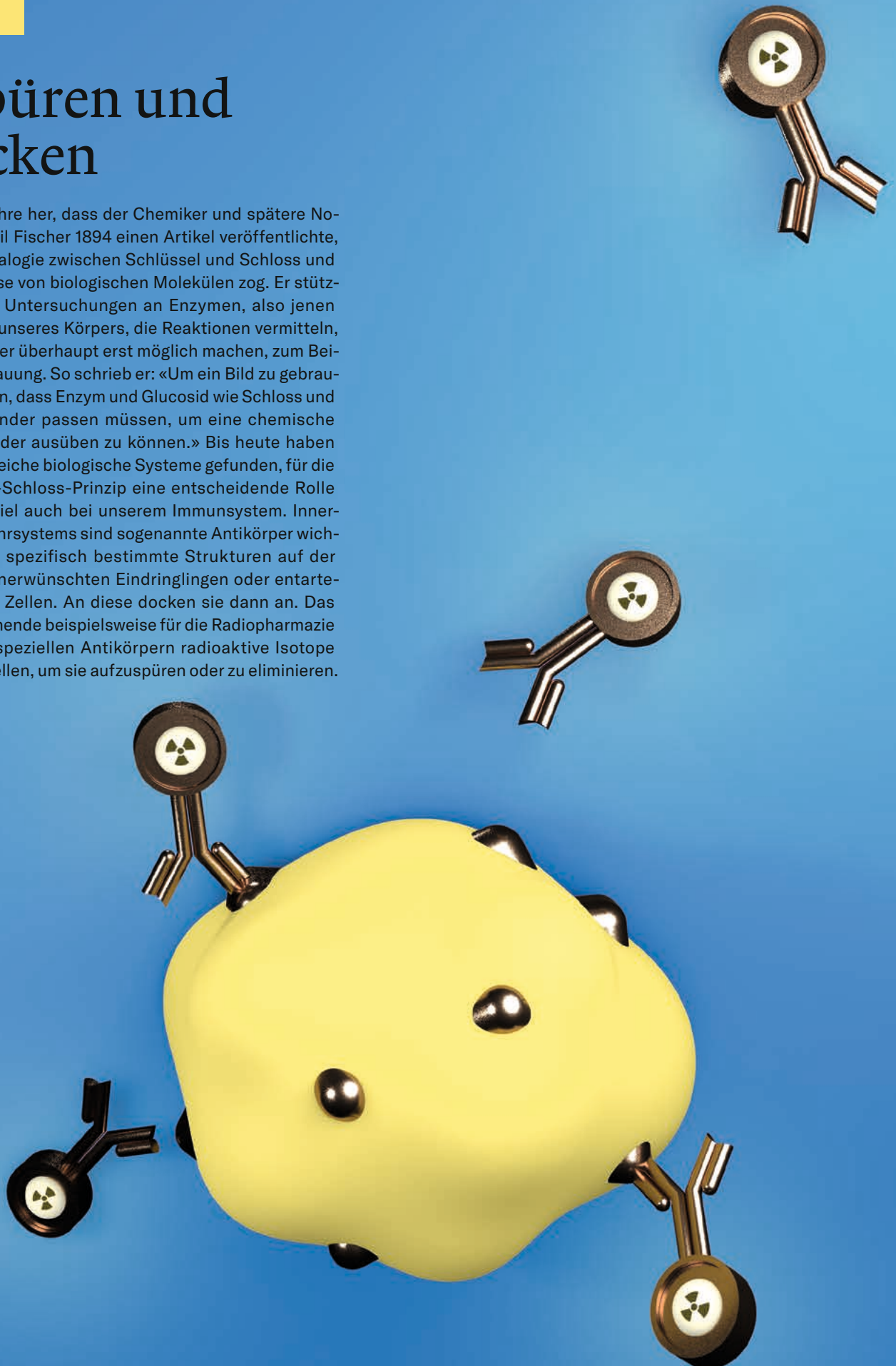


Schlüssel und Schloss

Der Mensch verfügt nicht nur gerne über alle möglichen Dinge, er möchte auch den Zugriff auf sie beziehungsweise Zugang zu ihnen steuern. Deshalb erfanden findige Köpfe schon vor bereits etwa 3500 Jahren eine Vorrichtung, mit deren Hilfe sich das bewerkstelligen lässt: Schlösser und die dazugehörigen Schlüssel. Die ersten Vertreter dieser mechanischen Kontrollmechanismen waren nicht viel mehr als eine Art Haken, den man durch eine kleine Öffnung in einer Tür schieben musste. Dieser Schlüssel war genau so konstruiert, dass man mit ihm an einen Riegel herankam und diesen dann zurückschieben konnte. Mit der Zeit und vielen Erfindern mehr verfeinerte sich dieses System immer weiter, um andere dort zu lassen, wo man sie haben wollte: draussen und ausgesperrt oder drinnen und eingesperrt. Dabei konzentrierte sich der menschliche Einfallsreichtum vor allem darauf, immer weiter ausgefeilte Schlösser zu konstruieren, in die immer schwieriger nachzubauende, komplexe Schlüssel passen. Das Prinzip, nach dem ein Schlüssel mit seiner Form kompatibel zu einem ganz spezifischen Schloss ist, setzt sich von der Mechanik bis zur heutigen digitalen Welt fort, in der ebenfalls mit Schlüsseln gearbeitet wird – allerdings nicht, um Schätze von Gold und Edelsteinen zu hüten, sondern um wertvolle Informationen zu schützen.

Aufspüren und andocken

Bald ist es 130 Jahre her, dass der Chemiker und spätere Nobelpreisträger Emil Fischer 1894 einen Artikel veröffentlichte, in dem er eine Analogie zwischen Schlüssel und Schloss und der Funktionsweise von biologischen Molekülen zog. Er stütze sich dabei auf Untersuchungen an Enzymen, also jenen Bausteinen auch unseres Körpers, die Reaktionen vermitteln, beschleunigen oder überhaupt erst möglich machen, zum Beispiel bei der Verdauung. So schrieb er: «Um ein Bild zu gebrauchen, will ich sagen, dass Enzym und Glucosid wie Schloss und Schlüssel zueinander passen müssen, um eine chemische Wirkung aufeinander ausüben zu können.» Bis heute haben Forschende zahlreiche biologische Systeme gefunden, für die dieses Schlüssel-Schloss-Prinzip eine entscheidende Rolle spielt, zum Beispiel auch bei unserem Immunsystem. Innerhalb dieses Abwehrsystems sind sogenannte Antikörper wichtig. Sie erkennen spezifisch bestimmte Strukturen auf der Oberfläche von unerwünschten Eindringlingen oder entarteten körpereigenen Zellen. An diese docken sie dann an. Das nutzen PSI-Forschende beispielsweise für die Radiopharmazie und bringen mit speziellen Antikörpern radioaktive Isotope gezielt zu Tumorzellen, um sie aufzuspüren oder zu eliminieren.



Daten in neuen Dimensionen

Am PSI arbeiten Forschende bestens vernetzt – sowohl untereinander als auch mit Institutionen in der Schweiz und weltweit. Damit das in Zukunft so bleibt oder sogar noch besser abläuft, wurden am PSI unter anderem der neue Forschungsbereich Computergestützte Wissenschaften, Theorie und Daten sowie ein Quantum-Computing-Hub gemeinsam mit der ETH Zürich gegründet. Das eröffnet neue Perspektiven für die Arbeit mit Daten.

Text: Bernd Müller

HINTERGRUND

Schneller und smarter

Seite 10

1



2

INFOGRAFIK

Schritt für Schritt – oder alles zugleich

Seite 16

3

HINTERGRUND

Lösung für das Unlösbare

Seite 18

Schneller und smarter

Wenn Grossforschungsanlagen wie der Schweizer Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL und die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS auf Hochtouren laufen, produzieren sie gewaltige Mengen an Daten. Um diese zu interpretieren und beispielsweise zur Entwicklung neuer Medikamente oder Materialien zu nutzen, bündelt das PSI jetzt seine Expertise im neuen Forschungsbereich Computergestützte Wissenschaften, Theorie und Daten.

Text: Bernd Müller



Alun Aston kümmert sich am PSI darum, dass Forschende eine exzellente IT-Infrastruktur nutzen können.

Die Forscherkarriere von Alun Ashton begann in den 1990ern, also gewissermassen in der Steinzeit, zumindest was die Nutzung von Computern betrifft. «Als Student habe ich die Daten meiner Messungen auf Floppy-Discs gespeichert», erinnert sich der Biochemiker und Computerwissenschaftler. Für alle, die nicht wissen, wovon hier die Rede ist: Disketten waren wechselbare Magnet-speicher, die in ihrer modernsten Ausführung sagenhafte 1,4 Megabytes fassen konnten. «Müsste ich die Daten, die heute an nur einem Experiment an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS entstehen, auf solchen Floppys speichern, bräuchte ich davon Millionen – und mehrere Leben, um die Disketten zu wechseln.»

Zum Glück hat sich die Informationstechnologie so rasant entwickelt, dass Ashton seine Zeit für sinnvollere Dinge nutzen kann. Selbst grosse Datenmengen aus den Experimenten am PSI werden ausreichend schnell verarbeitet und gespeichert. Zumindest bis jetzt. Spätestens wenn 2025 nach einem Upgrade der SLS die SLS 2.0 den Betrieb aufnimmt, werden die Forschenden am PSI vor einem grossen Problem stehen. Nach dem Upgrade auf die SLS 2.0 können Experimente eine bis zu tausendfach höhere Leistungsfähigkeit haben als bei der heutigen SLS und bei anderen Konfigurationen. Sie können daher viel mehr Daten liefern als bislang. Hinzu kommen bessere und schnellere Detektoren mit höherer Auflösung. Wo die heutige SLS-Strahl-line eine Datensatz pro Minute erzeugt, werden mit der SLS 2.0 in weniger als einer Sekunde solche Datenmengen entstehen. Der brandneue Jungfrau-Detektor am SwissFEL kann bei voller Geschwindigkeit sogar auf 50 Gigabytes pro Sekunde kommen. Eine herkömmliche PC-Festplatte wäre schon nach wenigen Sekunden randvoll. Insgesamt liefern die Experimente am PSI derzeit 3,6 Petabytes pro Jahr. Wenn die SLS 2.0 voll in Betrieb ist, können die Experimente allein dort bis zu 30 Petabytes pro Jahr erzeugen, wofür man rund 50 000 PC-Festplatten bräuchte. Wer das unbedingt in Floppy-Discs umrechnen möchte, kann gut und gerne noch sechs Nullen anhängen.

Frische Ideen gesucht

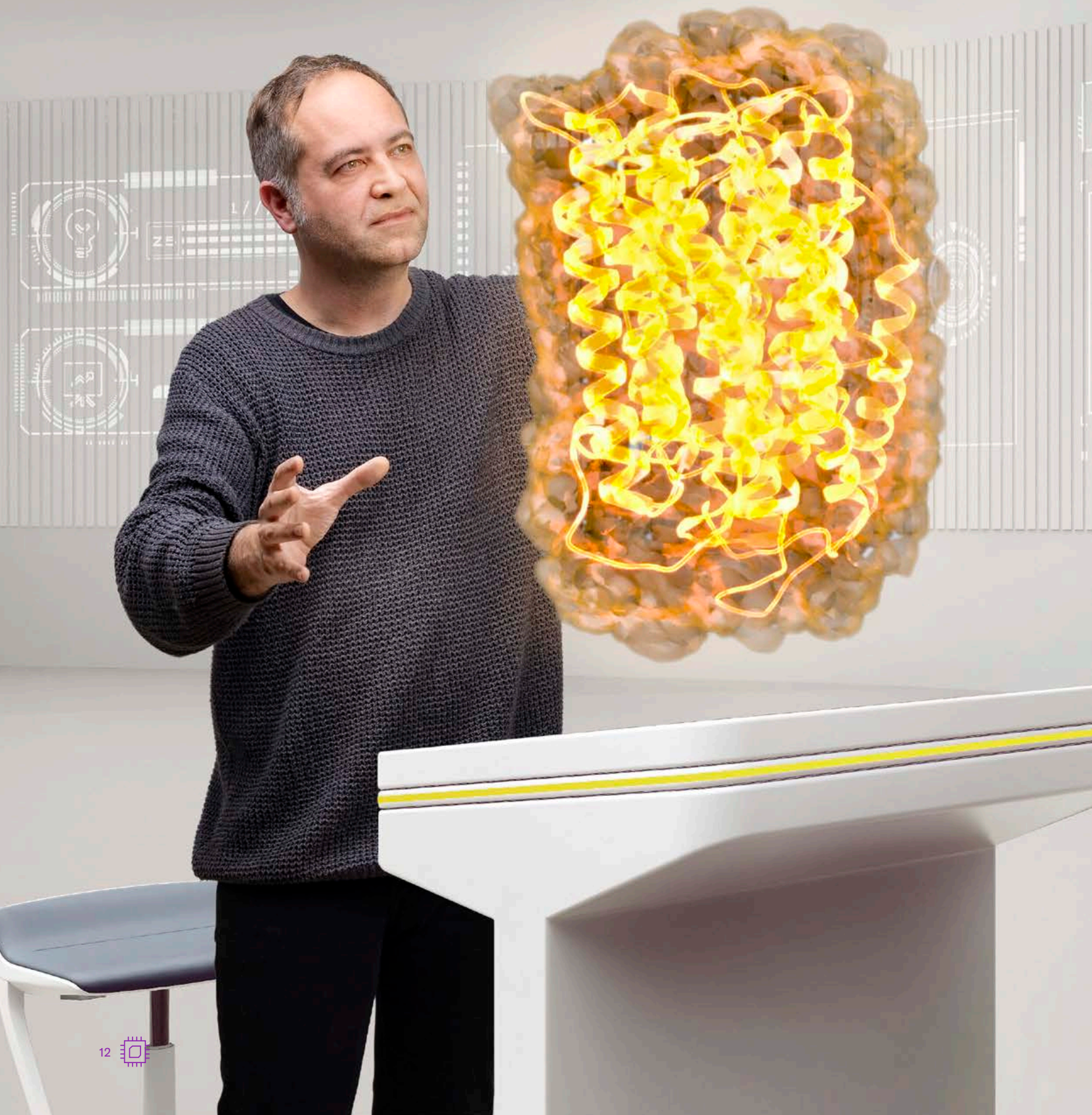
Seit Jahren ist klar: Mit den alten Konzepten lassen sich am PSI die neuen Herausforderungen nicht bewältigen. Es braucht frische Ideen, wie man der riesigen Datenmengen Herr werden kann, um die immer anspruchsvolleren und zahlreicheren Forschungsfragen zu beantworten. Und es braucht einen eigenen Forschungsschwerpunkt mit entsprechender organisatorischer Struktur. Ergebnis ist der neue Forschungsbereich Computergestützte

Wissenschaften, Theorie und Daten, kurz SCD, der im Juli 2021 gegründet wurde. Der SCD verbindet bereits bestehende Einheiten wie beispielsweise das Labor für Simulation und Modellierung, das interimweise von Andreas Adelman geleitet wird, aber auch neue Einheiten wie den dritten Standort des Swiss Data Science Center am PSI, der die beiden bisherigen Standorte an der ETH Lausanne (EPFL) und der ETH Zürich (ETHZ) ergänzt. Rund siebzig Personen in vier Abteilungen forschen, entwickeln und stellen Support bereit, schon bald sollen es hundert sein. Während die drei Laborleiter Andreas Adelman, Andreas Läuchli und Nicola Marzari sich vor allem um wissenschaftliche Methoden in ihren jeweiligen Fachdisziplinen kümmern, leitet Alun Ashton mit der Abteilung Wissenschaftliche IT-Infrastruktur und Dienstleistungen eine Service-Einheit, die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen im Forschungsbereich Photonenforschung, am SCD sowie PSI-weit fachlich im Scientific Computing unterstützt.

«Die Forschungsabteilungen sollen forschen und nicht eigene IT-Abteilungen unterhalten», so Ashton. Deshalb sei die Zentralisierung im SCD der richtige Schritt. «Wir erfinden das Rad nicht neu, aber mit dem SCD haben wir dennoch ein Alleinstellungsmerkmal», pflichtet Andreas Adelman bei. Der neue Forschungsbereich nutze Synergien besser, habe Strahlkraft in der internationalen Wissenschaft und ziehe gute Leute an. Adelman: «Das SCD ist mehr als die Summe seiner Teile.»

Einer seiner interessantesten «Kunden» sei Marco Stampanoni, sagt Alun Ashton mit einem Augenzwinkern. Das Team des ETH-Professors hat sich der tomografischen Röntgenmikroskopie verschrieben, die allerhöchste Anforderungen an die Rechenleistung und Speicherkapazität stellt. Um etwa zu untersuchen, wie bei der Synthese einer neuen Legierung ein warmes Gas in einen metallischen flüssigen Schaum dringt, muss die Software für jede Millisekunde einen dreidimensionalen Schnappschuss aus den Daten errechnen. Das sind gewaltige Datenmengen, die erzeugt und weiterbearbeitet werden müssen. Andere Kollegen im gleichen Labor beschäftigen sich mit computergestützter Mikroskopie und insbesondere der Ptychografie. Sie ersetzt die konventionelle Röntgenmikroskopie, die mit Linsen arbeitet, aber nicht so feine Auflösungen erreicht, wie es mit Röntgenstrahlen eigentlich möglich wäre. Bei der Ptychografie rekonstruiert ein iterativer Algorithmus das Röntgenbild aus den Rohdaten des Detektors, der weit von der Probe entfernt ist, ohne dass eine Linse dazwischen liegt, und der die kohärenten Eigenschaften einer Synchrotronquelle nutzt. Die zugrunde liegende mathematische Operation ist

Xavier Deupi erforscht am PSI Biomoleküle, zum Beispiel Lichtsensoren. Um genau zu wissen, wie sie funktionieren, muss man ihre Struktur kennen. Bei deren Erkundung fallen immense Datenmengen an.



rechnerisch sehr anspruchsvoll und muss tausend Mal ausgeführt werden. Bei der SLS 2.0 werden die Anforderungen an solche Rechenleistungen erheblich steigen, was die Nutzung des Supercomputers am Swiss National Supercomputing Centre in Lugano unabdingbar macht.

Kein Verlass aufs Mooresche Gesetz

Und die Leistungslücke dürfte eher noch anwachsen. Denn auf das Mooresche Gesetz können sich die Forschenden am PSI sowie in vielen anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen nicht mehr verlassen. Intel-Mitgründer Gordon Moore hatte 1965 vorhergesagt, dass sich die Zahl der Transistoren, was ungefähr mit der Rechenleistung korrespondiert, alle achtzehn Monate verdoppelt – manche Quellen geben auch zwölf beziehungsweise vierundzwanzig Monate an. Das Mooresche Gesetz gilt bis heute und wird wohl auch noch dieses Jahrzehnt Bestand haben. Doch das reicht leider nicht. «Die Brillanz der Quellen wie SwissFEL oder SLS 2.0 steigt schneller als das Mooresche Gesetz», warnt Marco Stampanoni. «Es braucht schlauere Lösungen als einfach nur immer mehr Rechenleistung.»

Eine könnte das maschinelle Lernen sein. «Es ist eine Binsenweisheit: In unseren Daten steckt viel mehr, als wir bisher auswerten konnten», sagt Andreas Adelman. Maschinelles Lernen könne dieses verborgene Wissen in den riesigen Datenbergen finden. Und es kann helfen, teure Strahlzeit an SLS und SwissFEL zu sparen. Früher nahmen die Experimentatoren nach dem Ende ihrer Messungen die Daten mit nach Hause und analysierten sie in Ruhe. Aber Experimente können auch schiefgehen und das fiel dann oft erst Monate später auf. Schnelle Modelle auf Basis von maschinellem Lernen können noch während eines laufenden Experiments Aussagen treffen, ob die Messwerte plausibel sind. Falls nicht, bleibt Zeit, die Messapparatur zu justieren. Adelman: «Die Datenerhebung im Experiment und die Datenanalyse rücken näher zusammen.»

Marco Stampanoni sieht hier das SCD als wichtigen Partner. Viele Nutzer und Forschende haben mit IT nichts am Hut und können damit überfordert sein. «Ein Mediziner muss nicht wissen, wie ein Synchrotron funktioniert oder wie und wo genau die Daten gespeichert werden.» Wenn er sich für die Wirkung eines Medikaments auf die Stabilität von Knochen interessiert, will er den 10 Terabytes grossen Datensatz nicht durcharbeiten müssen, den ihm ein tomografisches Experiment am Synchrotron liefert. Ihm reicht eine einfache Grafik, von der er die wichtigsten Ergebnisse ablesen kann. «Das SCD wird hier künftig einen Beitrag leisten, sodass

Nutzer ihre Datenfragen lösen und in überschaubarer Zeit wissenschaftliche Ergebnisse erzielen können», hofft Stampanoni.

Synergien nutzen

Xavier Deupi hat keine Zweifel, dass dies gelingen wird. Für den Wissenschaftler der Forschungsgruppe Theorie kondensierter Materie war die Einrichtung des SCD unausweichlich. «Das PSI brauchte eine Konsolidierung des wissenschaftlichen Rechnens in einer organisatorischen Einheit, um Synergien nutzen zu können.» Die Datenwissenschaftler sind jetzt in der gleichen Abteilung, sie können Fragen von Deupis Team schneller beantworten und gemeinsame Projekte starten. «Aus ihrem IT-Knowhow und unserem Wissen über Biologie entstehen neue Werkzeuge zur Erforschung von Proteinen.»

Deupi bezeichnet sich selbst als «Heavy User» des leistungsfähigen Merlin-Rechners am PSI und des Supercomputers in Lugano. Für ein Experiment setzt er Hunderte Prozessoren ein, die Hunderte Stunden laufen, manchmal sogar mehrere Monate. Doch das ist immer noch nicht genug. Trotz der langen Rechenzeit kann Deupi nur Veränderungen an Proteinen simulieren, die wenige Mikrosekunden dauern. Doch wenn sich ein Molekül an ein Protein bindet – zum Beispiel Adrenalin an Rezeptoren in Herzzellen –, dauert das mindestens Millisekunden. Etwa ein Drittel aller Medikamente bindet an die Proteine, die Deupi untersucht. Könnte man den kompletten Vorgang wie in einem dreidimensionalen Video beobachten, wäre das für die Entwicklung solcher Medikamente ein Durchbruch. Doch selbst die stärksten Computer sind dazu noch nicht in der Lage.

Aber warum so kompliziert, wenn es auch einfach geht? Diese Frage stellen sich viele, seit Google mit AlphaFold eine Software vorgestellt hat, die mit künstlicher Intelligenz Modelle von solchen Proteinen viel schneller und genauer berechnet. Man gibt nur noch die Sequenz ein und AlphaFold spuckt die Struktur aus. «AlphaFold ist extrem gut», lobt Deupi. Das Ende der strukturellen Biologie, das manche schon prophezeien, sei aber damit nicht in Sicht. Und um seinen Arbeitsplatz mache er sich auch keine Sorgen. Denn erstens sagt der Google-Algorithmus nicht die ganze Struktur eines Proteins voraus und zweitens kann man aus der Struktur nicht einfach auf die Funktion des Proteins schließen. «AlphaFold trifft keine Aussage, wie sich Proteine bewegen.» Genau dafür brauche es weiterhin Grossforschungsanlagen wie die SLS und den SwissFEL. «AlphaFold ersetzt diese Maschinen nicht, sie ergänzen sich vielmehr.»

Den Wandel begleiten

Das SCD sei genau der richtige Ort, um solche neuen Werkzeuge zu erproben. Dafür müssen Experimentatoren, Theoretikerinnen, Computerexperten, Ingenieurinnen und viele mehr miteinander reden. Das sei notwendig, damit Computerwissenschaftler die richtigen Lösungen für sie fänden, so Marie Yao. Sie wurde eigens am SCD eingestellt, um die babylonische Sprachverwirrung zu überwinden und die Veränderung zu begleiten für bestmögliche wissenschaftliche Resultate. Würde sie in einem Unternehmen arbeiten, dürfte sie sich als Managerin für strategische Allianzen bezeichnen. «Wandel ist nicht immer einfach», weiss Yao, die mehrere Jahre in einer ähnlichen Position am Oak Ridge National Laboratory in den USA gearbeitet hat. Manche Mitarbeitenden hätten Angst vor Bedeutungsverlust und würden an alten Abläufen festhalten. Sie sieht ihre Aufgabe darin, Teamarbeit zu fördern und ein Umfeld zu schaffen, in dem sich alle sicher und wertgeschätzt fühlen durch den von ihnen geleisteten Beitrag zu besseren technischen Lösungen.

Dazu koordiniert Yao im Team von Alun Ashton an der Schnittstelle von SCD und den weiteren Divisionen am PSI die Entwicklungen für den Start der SLS 2.0 im Jahr 2025 und trägt dazu bei, technische Lösungen zu entwickeln. Bis dahin müssen Hardware, Software und Netze bereit sein und die enormen Datenmengen bewältigen. Ein ganzheitlicher Ansatz sei wichtig, so Yao: «Die ganze Datenpipeline ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied.»

Ein zunehmend schwächeres Glied in der Wissenschaft wie auch in anderen Bereichen der Wirtschaft ist der Fachkräftemangel. Wenn es nicht genügend geeignete Experten gebe, müsse man sie ausbilden, häufig auf interdisziplinären Gebieten, so Yao. «Die Gesellschaft gibt uns gut ausgebildete Experten, deshalb sollten wir etwas an die Gesellschaft zurückgeben – eine Möglichkeit hierzu ist, dass wir uns in der Ausbildung der nächsten Generation engagieren.»

Die Forschenden von morgen haben einiges an Arbeit vor sich. Software zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen ist oft zwanzig Jahre alt und teilweise nicht effizient genug. Die Defizite mit noch mehr Rechenleistung zu erschlagen, funktioniert heute nicht mehr. Wissenschaftliche Software muss fit gemacht werden für die rasant wachsenden Datenmengen und für Trends im Höchstleistungsrechnen wie die Nutzung von Grafikprozessoren anstatt von herkömmlichen zentralen Rechen- und Steuereinheiten eines Computers. «Das SCD kann helfen, Leute anzuziehen, die genau so etwas können», glaubt Marie Yao.

«Wer erfolgreich forschen und publizieren will, braucht dafür eine gute Maschine und eine gute Modellierung.»

Andreas Läuchli, Leiter des Labors für Theoretische und computergestützte Physik

Maschine und Modellierung

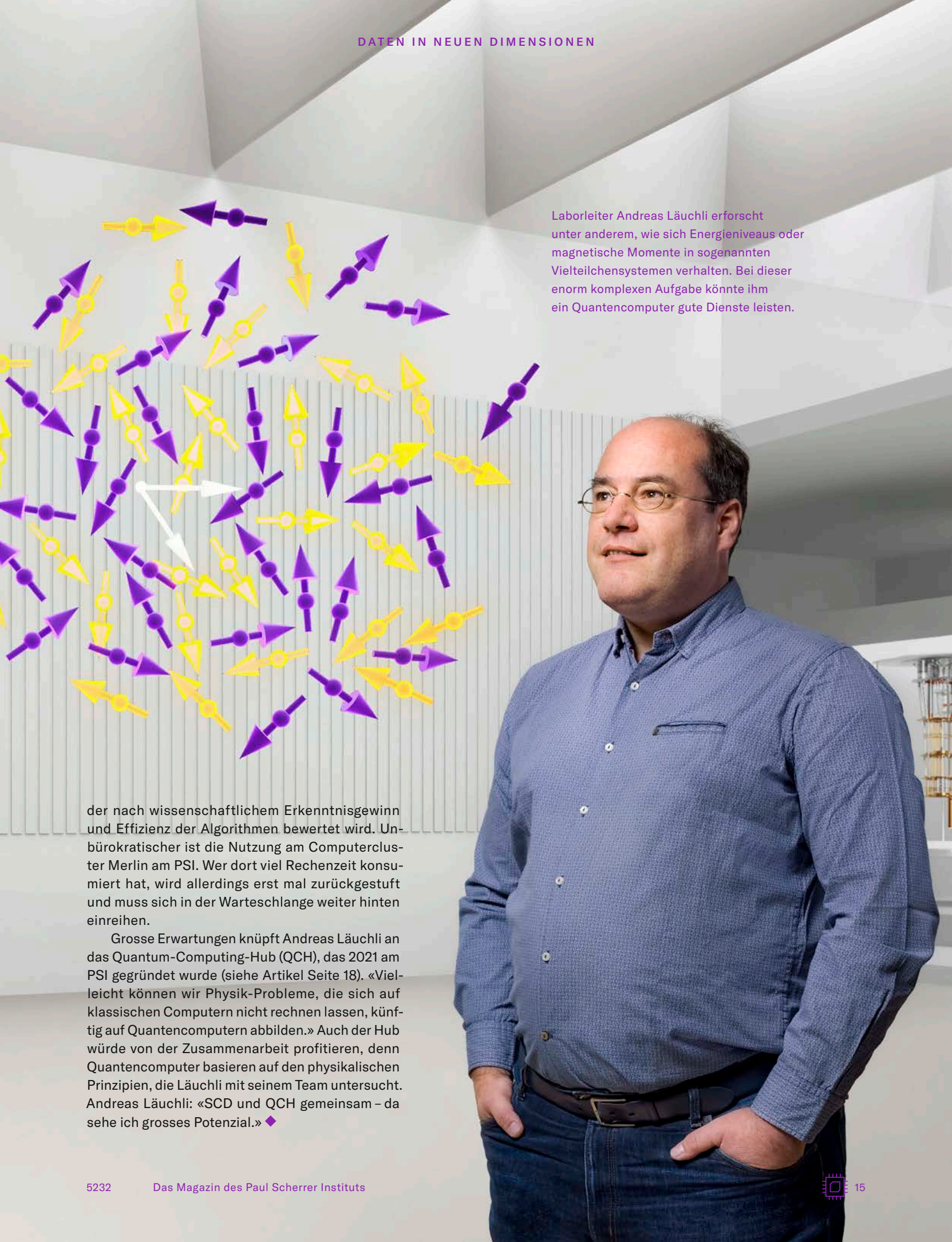
Im Fall von Andreas Läuchli ist das schon gelungen. Er ist neben Andreas Adelmann und Nicola Marzari der Leiter des dritten wissenschaftlichen Labors am SCD, das sich mit theoretischer und computergestützter Physik beschäftigt. Vor einem Jahr kam er aus Innsbruck ans PSI und an die EPFL, wo er auch einen Lehrstuhl hat. Läuchli soll die Theorie stärken, aber Hand in Hand mit den Experimentalphysikern arbeiten und ihnen Ideen für neue Experimente geben, vor allem am SwissFEL sowie an der SLS 2.0. Die Gründung des SCD hält Läuchli für eine gute Entscheidung. «Experimente und Theorie werden immer komplexer. Wer erfolgreich forschen und publizieren will, braucht dafür eine gute Maschine und eine gute Modellierung.» Das SCD sei wichtiger Bestandteil dieser Synthese.

Läuchlis Steckenpferd sind Vielteilchensysteme, worunter in der Physik alles fällt, das mehr als ein einzelnes Wasserstoff-Atom ist – also nahezu sämtliche Materie auf der Erde. Alle Wege, Energieniveaus in diesen Systemen zu bestimmen, führen über die Schrödinger-Gleichung. Sie liefert für das Wasserstoff-Atom exakte Ergebnisse, für Vielteilchensysteme wächst der Rechenaufwand exponentiell. Deshalb weichen Forschende schon bei wenigen Atomen auf Näherungen aus. Doch nicht immer ist sicher, dass die Näherungen nah genug an der Realität sind.

Dann packt Läuchli die Brechstange aus. «Brute force» nennt sich die Methode, bei der er mit brachialer Rechenleistung die Schrödinger-Gleichung für bis zu fünfzig Teilchen in die Knie zwingt. 20 000 Prozessorkerne mit mehreren Terabytes Arbeitsspeicher rechnen dann simultan mitunter mehrere Wochen an so einem Problem. Selbst der Supercomputer in Lugano ist dann zeitweise für andere Nutzer gesperrt. Läuchli: «Manchmal ist die Brute-force-Methode wichtig, um zu überprüfen, ob unsere Näherungen wirklich gültig sind.»

Natürlich kann nicht jede Arbeitsgruppe spontan den Rechner belegen. Jedes Team muss in Lugano einen bis zu zwanzigseitigen Antrag einreichen,





Laborleiter Andreas Läuchli erforscht unter anderem, wie sich Energieniveaus oder magnetische Momente in sogenannten Vielteilchensystemen verhalten. Bei dieser enorm komplexen Aufgabe könnte ihm ein Quantencomputer gute Dienste leisten.

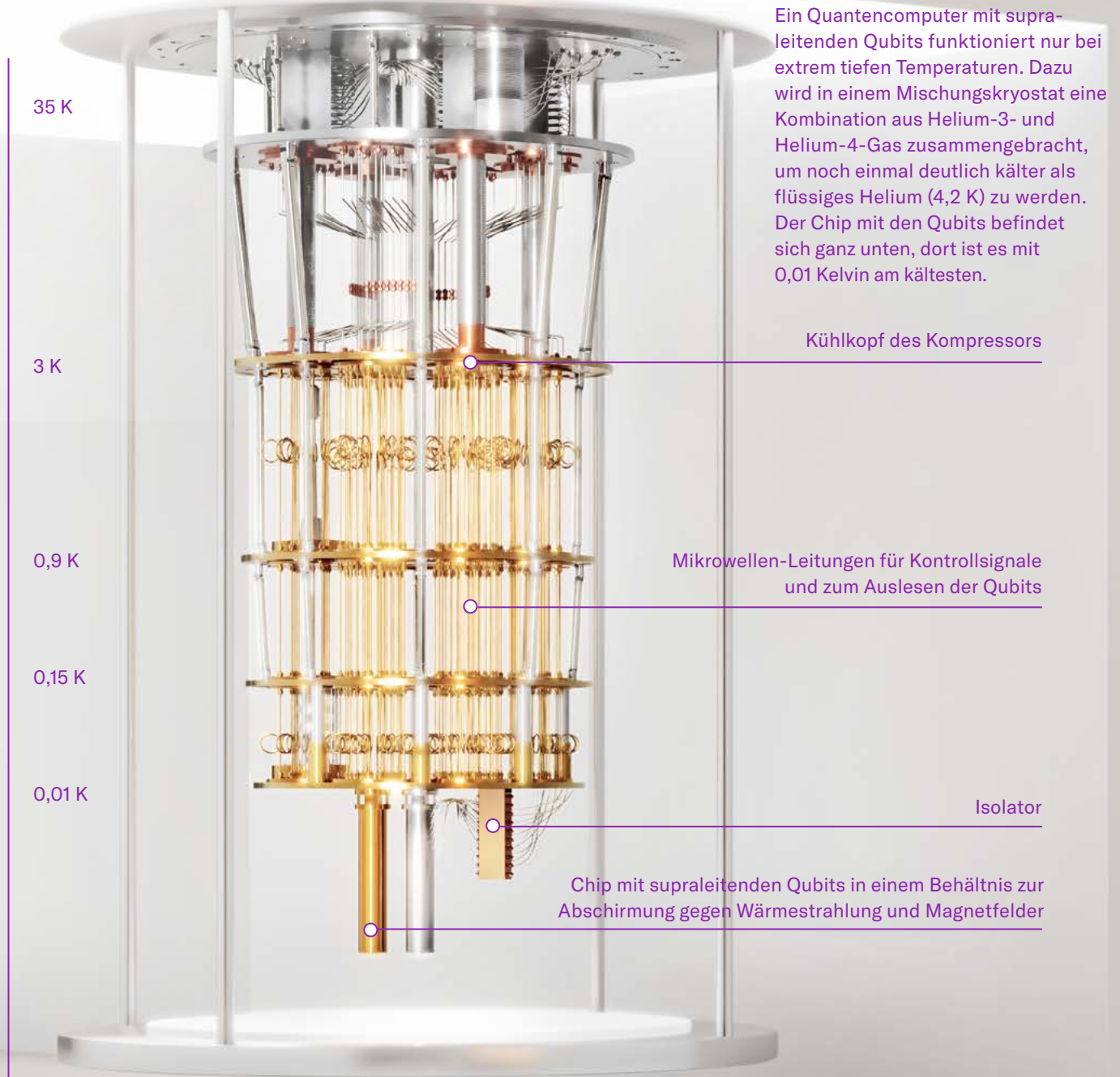
der nach wissenschaftlichem Erkenntnisgewinn und Effizienz der Algorithmen bewertet wird. Unbürokratischer ist die Nutzung am Computercluster Merlin am PSI. Wer dort viel Rechenzeit konsumiert hat, wird allerdings erst mal zurückgestuft und muss sich in der Warteschlange weiter hinten einreihen.

Grosse Erwartungen knüpft Andreas Läuchli an das Quantum-Computing-Hub (QCH), das 2021 am PSI gegründet wurde (siehe Artikel Seite 18). «Vielleicht können wir Physik-Probleme, die sich auf klassischen Computern nicht rechnen lassen, künftig auf Quantencomputern abbilden.» Auch der Hub würde von der Zusammenarbeit profitieren, denn Quantencomputer basieren auf den physikalischen Prinzipien, die Läuchli mit seinem Team untersucht. Andreas Läuchli: «SCD und QCH gemeinsam – da sehe ich grosses Potenzial.» ♦

Schritt für Schritt – oder alles zugleich

Der Quantencomputer eröffnet neue Möglichkeiten in der Computertechnik. Weil seine Qubits miteinander in Verbindung stehen und viele verschiedene Zustände gleichzeitig annehmen, kann er Rechenaufgaben ausführen, die klassische Computer niemals lösen können.

Ein Quantencomputer mit supra-leitenden Qubits funktioniert nur bei extrem tiefen Temperaturen. Dazu wird in einem Mischungskryostat eine Kombination aus Helium-3- und Helium-4-Gas zusammengebracht, um noch einmal deutlich kälter als flüssiges Helium (4,2 K) zu werden. Der Chip mit den Qubits befindet sich ganz unten, dort ist es mit 0,01 Kelvin am kältesten.



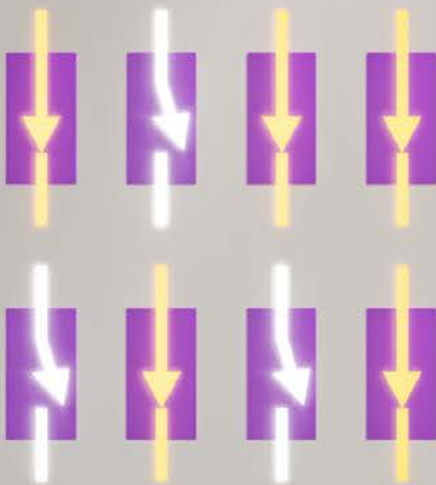
Vereinfachte Darstellung

Skala links:
Temperatur (0,01 K = -273,14 °C)

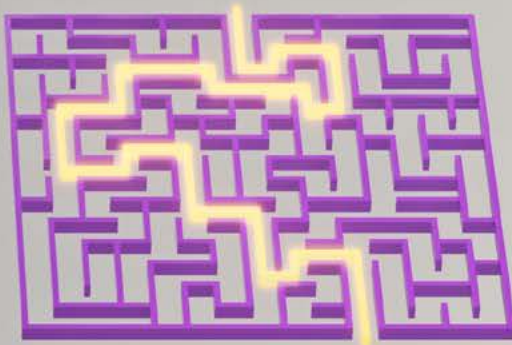
Klassischer Computer



Jedes Bit kann zu einem Zeitpunkt nur einen von zwei Zuständen einnehmen: 0 oder 1 – wie eine Glühlampe, die ein- oder ausgeschaltet wird.



Ausserdem sind die Bits unabhängig voneinander und beeinflussen sich nicht gegenseitig.

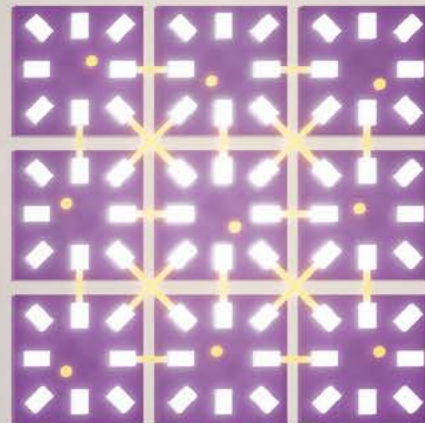


Dadurch kann ein klassischer Computer immer nur eine Berechnung ausführen. Um den Weg durch ein Labyrinth zu finden, muss er alle Möglichkeiten hintereinander ausprobieren.

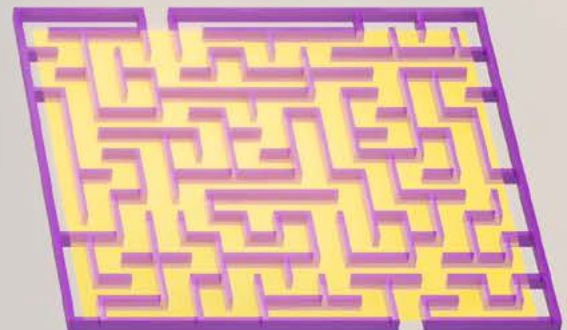
Quantencomputer



Jedes Qubit kann zu jedem Zeitpunkt beliebig viele Zustände einnehmen, – wie eine Glühlampe, deren Helligkeit und Farbton jeweils stufenlos geregelt werden.



Qubits (hier in Ionenfallen auf einem Mikrochip) sind miteinander verschränkt, beeinflussen sich also gegenseitig.



Dadurch kann der Quantencomputer viele Berechnungen gleichzeitig ausführen – zum Beispiel alle Wege durch ein Labyrinth parallel ausprobieren. Am Ende erhält man eine Antwort. Jede Rechnung muss allerdings einige Male wiederholt werden, damit der wahrscheinlich beste Weg aus der Statistik der Antworten herauskommt.

Lösung für das Unlösbare

PSI und ETH Zürich haben den Quantum-Computing-Hub gegründet. Spitzenforschende arbeiten dort gemeinsam an Konzepten für Quantencomputer, die herkömmliche Computer bei bestimmten Rechenaufgaben einmal bei Weitem übertreffen sollen.

Text: Bernd Müller

Kirsten Moselund und Cornelius Hempel sollen am PSI erforschen, wie sich ein funktionierender Quantencomputer umsetzen lässt.



Würde man eine Liste der weltweit führenden Forschenden für Quantencomputer aufstellen, würden Jonathan Home und Andreas Wallraff sehr weit oben stehen. Die beiden Physik-Professoren von der ETH Zürich sind Meister ihres Fachs – und nicht allein: In der Schweiz hat sich in den letzten Jahren eine Expertise in der Quantenforschung etabliert, die mit den grossen Nationen mithalten kann. Ausserdem gibt es zahlreiche junge Unternehmen, die Quantentechnologien entwickeln, wie Zurich Instruments oder ID Quantique.

Alles bestens also? Nicht ganz. «Die Quantentechnologie hat einen grossen Schritt in Richtung Anwendung gemacht», sagt Gabriel Aeppli, Leiter des Forschungsbereichs Photonenforschung am PSI. «Dafür braucht es jetzt Experten mit Fähigkeiten, die weit über das hinausgehen, was selbst eine renommierte Hochschule wie die ETH Zürich leisten kann – vor allem Ingenieure, die Forschungsergebnisse in funktionierende Prototypen umsetzen können.» Und hier komme das PSI ins Spiel. «Ein nationales Labor wie das PSI vereint alle Fähigkeiten, die es für dieses Scale-up braucht», so Aeppli. Damit ist der Übergang vom Grundlagenexperiment zu einer Technologie gemeint, die in absehbarer Zeit echte – irgendwann auch kommerzielle – Probleme lösen kann.

Dass das PSI so etwas kann, beweist es seit Jahren an den Grossforschungsanlagen wie der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS und dem Schweizer Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL, wo Technologien gebraucht werden, die man nicht einfach irgendwo kaufen kann. Das PSI profitiert als nationales Labor davon, dass dort Expertinnen und Experten mit Erfahrung über längere Zeit an komplexen Herausforderungen arbeiten können. Bei einem Forschungsteam an einer Universität ist das nicht gegeben. «Wir haben viele talentierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die aber nach ein paar Jahren, meist nach ihrer Promotion, das Team wieder verlassen müssen», so Jonathan Home. Ein Scale-up wie am PSI sei deshalb an der ETH Zürich prinzipiell nicht möglich.

Die ETH Zürich und das PSI haben erkannt, dass sich beide Institutionen bei der Entwicklung von Quantencomputern perfekt ergänzen. Deshalb richten sie gemeinsam den Quantum-Computing-Hub ein. Organisatorisch ist diese Forschungseinrichtung dem Bereich Photonenforschung von Gabriel Aeppli und darin dem Labor für Nano- und Quantentechnologien zugeordnet. Räumlich befindet sich der Quantum-Computing-Hub auf dem PSI-Gelände bei Villigen, wo ein Gebäude für die Quantenforschung aufgerüstet wurde. Dort verfolgen Forschende unterschiedliche Ansätze zur Verwirklichung eines Quantencomputers.

Im Untergeschoss baut das Team von Jonathan Home, Professor für experimentelle Quanteninformation, nun Quantenschaltkreise auf Basis von Ionenfallen. Im Obergeschoss befasst sich Andreas Wallraff, Professor für Festkörperphysik, mit den gleichen Fragen. Er und sein Team nutzen dafür aber ultrakalte supraleitende Bauteile. Noch in diesem Jahr sollen zwei weitere Forschungsteams hinzukommen, die noch andere Konzepte zum Bau von Quantencomputern verfolgen. Von derzeit zwanzig Forschenden soll der Hub in fünf Jahren auf hundert wachsen. Ausserdem entsteht gerade im neuen Park Innovaare in direkter Nachbarschaft zum PSI ein Reinraum mit Nanofabrikationsanlagen, wo die Forschenden eigene Qubits herstellen werden, die Basis jedes Quantencomputers.

Dieses Wachstum organisieren soll Kirsten Moselund, die seit Februar 2022 das Labor für Nano- und Quantentechnologien am PSI leitet und damit auch den Quantum-Computing-Hub. Die Professorin für Elektronik und Mikrotechnologie an der ETH Lausanne (EPFL) war zuvor am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon, wo sie sich mit Nanophotonik beschäftigte. «Im neuen Hub bringen wir Quantentechnologien und eine starke Technologieplattform zusammen», so Moselund. Um Quantencomputer sei ein regelrechter Wettlauf entbrannt, ähnlich wie beim Rennen um die erste bemannte Mondlandung. Den Hub sieht Moselund dabei in einer ausgezeichneten Startposition: «ETH Zürich und PSI ergänzen sich sehr gut. Und mit Grossforschungsanlagen wie SLS und SwissFEL haben wir Möglichkeiten, die andere nicht haben, zum Beispiel, wenn wir Defekte in Materialien für künftige Quantenchips untersuchen wollen.»

Doch ein so komplexes Problem wie die Realisierung eines alltagstauglichen Quantencomputers braucht zahlreiche Kooperationen. Deshalb arbeiten Forschende des PSI mit vielen weiteren Institutionen zusammen, allen voran dem Schweizer National Center of Competence in Research (NCCR) MARVEL, das an der EPFL seinen Sitz hat und dem Nicola Marzari, Professor an der EPFL, vorsteht.

Noch existieren keine kommerziell verfügbaren universellen und fehlertoleranten Quantencomputer. Solche Apparate, wie sie von IBM oder Google entwickelt werden, kommen derzeit auf wenig mehr als hundert Qubits. Weil jedes Qubit nicht nur die Zustände null und eins, sondern beliebig viele Zustände annehmen kann, und weil die Qubits untereinander «verschränkt» sind, können schon ein paar Dutzend Qubits Probleme bearbeiten, die selbst für Mikroprozessoren mit Milliarden Transistoren zu komplex wären. In den bisher vorgestellten Quantencomputern sind aber immer nur wenige Qubits gleichzeitig miteinander verschränkt, was die tatsächliche Rechenleistung begrenzt.

«Die Schweiz braucht eine starke Präsenz in Quantentechnologien.»

Kirsten Moselund, Laborleiterin für Nano- und Quantentechnologien

«Forschende haben schon heute Spass an Quantencomputern», sagt Cornelius Hempel, Gruppenleiter für Quantencomputing mit Ionenfallen am PSI. In der Physik gebe es Fragen, die sich bereits mit fünfzig Qubits lösen liessen. An der ETH Zürich schafft es Homes Team, Gruppen von Atomen mit elektromagnetischen Feldern in einer Ionenfalle zu fangen und diese durch Beschuss mit Laserlicht zu beeinflussen und logische Rechenoperationen ausführen zu lassen (siehe auch Grafik Seite 16). Das PSI plant Mikrochips mit Dutzenden von Ionenfallen, zwischen denen Ionen hin- und hergeschoben werden können und die sich zu einem grösseren Quantenchip verbinden. Das Laserlicht wird über feine Lichtfasern in den Chip gespeist und manipuliert die Atome, indem es ihre energetischen Zustände verändert, während elektrische Felder sie hin und her bewegen. Diese Atome – alle mit gleichen Eigenschaften – sind perfekte Qubits. Die Herausforderung besteht darin, sie zu kontrollieren. Für praktische Anwendungen in der Industrie ist das derzeit noch uninteressant. Ein Beispiel: Nitrogenase ist ein Enzym, mit dem Bakterien Stickstoff aus der Luft binden, der als natürlicher Dünger für Pflanzen dient. Künstlicher Dünger wird heute wie vor hundert Jahren mit dem Haber-Bosch-Verfahren unter erheblichem Energieaufwand hergestellt. Wüsste man, wie das Enzym arbeitet und könnte man das nachbilden, wäre das ein Durchbruch für die Nahrungsversorgung der Menschheit. Doch dieses Rätsel lässt sich bis heute selbst mit Supercomputern nicht lösen. Ein Quantencomputer mit tausend fehlerfreien Qubits könnte jedoch das Enzym in nur wenigen Millionen Rechenoperationen modellieren.

Wobei die Betonung auf «fehlerfrei» liegt. Denn Qubits rechnen heute mit einer Fehlerrate von einem Prozent, was viel zu viel ist. Zum Vergleich: Ein Transistor verrechnet sich bei 10^{27} (eine Zahl mit 27 Nullen) Rechenoperationen im Schnitt nur einmal. Der Ausweg sind logische Qubits, die aus mehreren physikalischen Qubits bestehen und die Fehler erkennen und beseitigen können. In den Labors von Wallraff und Home wurde die Fehlerkorrektur bereits in kleinem Massstab demonstriert, aber die Fehlerkorrektur wird besser durch die Verwendung immer grösserer Systeme. Für das Nitrogenase-Problem bräuchte man nach manchen Schätzungen etwa tausend physikalische Qubits für

ein ausfallsicheres logisches Qubit, was bedeutet, dass die Anzahl der Qubits im Computer etwa eine Million betragen müsste.

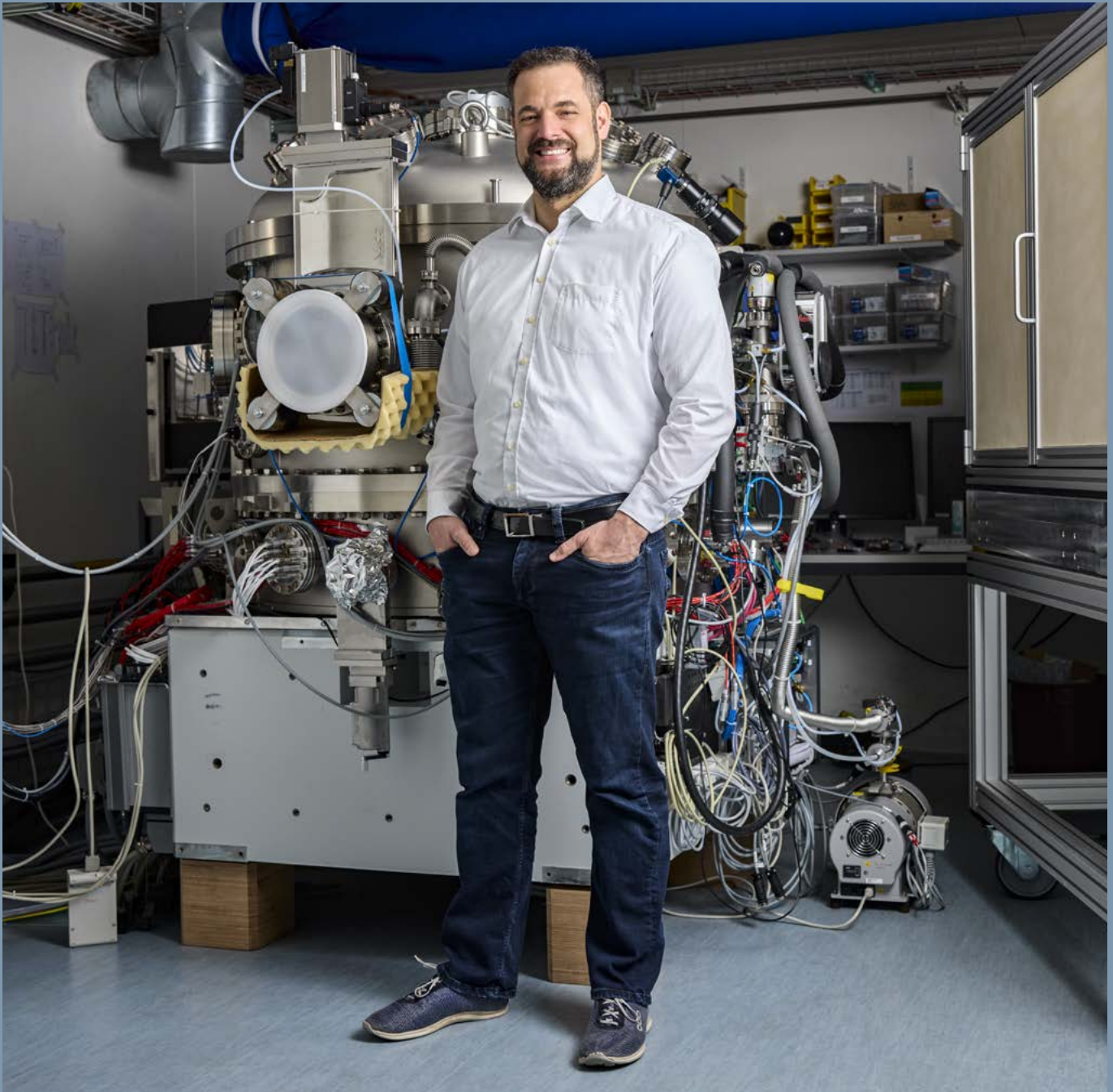
Von hundertsiebenundzwanzig physikalischen Qubits, die IBM kürzlich in einem Chip demonstriert hat, auf eine Million Qubits? Das scheint nur eine Frage der Skalierung der Fertigung zu sein. Doch leider gibt es bisher keinen Weg, grössere und komplexere Systeme zu bauen, ohne dadurch auch mehr Fehler in das System zu lassen. Insofern sind alle Erfolgsmeldungen, wie sie von Google, IBM oder Amazon regelmässig verbreitet werden, mit Vorsicht zu geniessen. Es handelt sich um fehlerhafte Geräte, die noch nicht unmittelbar die Vorteile von mehr Qubits nutzen können. Den Quantencomputer, den man sich auf den Schreibtisch stellen kann, um damit echte Probleme zu lösen, wird es in den nächsten zehn Jahren nicht geben, vielleicht sogar nie. Doch die Forschenden sind zuversichtlich, dass kommerzielle Quantencomputer möglich sind. Ein solcher Computer mit Millionen von Qubits würde in einem Rechenzentrum neben den herkömmlichen Supercomputern arbeiten.

An dem Problem der Störanfälligkeit arbeitet auch Alexander Grimm, Physiker am PSI. Für sein neues Projekt COOLCCAT erhielt er im Januar dieses Jahres einen sogenannten ERC-Grant mit einer Forschungsförderung in Millionenhöhe zugesprochen. Grimm möchte eine Sorte Qubits erschaffen, die sich Störungen gegenüber möglichst stabil verhält. Seine Kandidaten: Oszillator-Qubits, auch bosonische Qubits genannt. Diese bestehen beispielsweise aus einem extrem dünnen und schmalen Stück supraleitendem Metall, das einige Millimeter lang ist.

Noch ist nicht einmal klar, welches Qubit-Konzept sich durchsetzen wird. Neben supraleitenden Qubits und Ionenfallen tüfteln Forschende weltweit noch an einem halben Dutzend weiterer Ideen – die man am Quantum-Computing-Hub ebenfalls verfolgen wird, sofern sich dort vielversprechende Umsetzungskonzepte anbahnen. Vielleicht ergeben sich auch ganz neue Optionen, mutmasst beispielsweise Cornelius Hempel: «Wer weiss – vielleicht finden die Kolleginnen und Kollegen an der SLS oder am SwissFEL ein neues Material, aus dem wir viel bessere Qubits bauen können.»

Für Kirsten Moselund gibt es keine Alternative zum Quantum-Computing-Hub. «Die Schweiz braucht eine starke Präsenz in Quantentechnologien», fordert die Ingenieurin. Kommerzielle Quantencomputer, wie sie Google, Amazon und Co vermutlich irgendwann als Clouddienst anbieten werden, seien eine Blackbox, in die man nicht hineinschauen dürfe. Moselund: «Um Quantencomputer sinnvoll nutzen zu können, müssen wir wissen, was unter der Haube passiert. Und das bieten wir am PSI.» ♦





Schaltplan des Gehirns

Die Verknüpfungen der Nervenzellen im Gehirn bilden sich aufgrund von Erfahrungen und Lernprozessen. Unklar ist derzeit, wie das Verknüpfungsmuster aussieht. Der Neurowissenschaftler Adrian Wanner will an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS mithilfe des dortigen Röntgenlichts neuronale Strukturen bis in ihre feinsten Verästelungen aufklären. Unter anderem wird er dabei der Frage nachgehen, wie Nervenzellen Informationen verarbeiten. Die daraus resultierenden Erkenntnisse über die Funktionsweise des Gehirns werden neue medizinische Therapieansätze für neurodegenerative Erkrankungen ermöglichen.

Herkules und Akkus durchleuchtet

Sowohl für antike Gegenstände als auch für moderne Technologien braucht es Untersuchungsmethoden, bei denen das Objekt komplett intakt bleibt. Forschende am PSI nutzen dafür Elementarteilchen namens Myonen und entwickeln ein neues experimentelles Verfahren, das für die Archäologie nützlich ist und ebenso Fragen der Batterieentwicklung beantworten kann.

Text: Barbara Vonarburg

Gepolstert in eigens zugeschnittenem Schaumstoff: Eine gut sechs Zentimeter hohe Silberstatuette des griechischen Helden Herkules, begleitet von einem mythologischen Eber, wartet darauf, mit Myonen untersucht zu werden.



Zwei Forschende bereiten mit letzten Handgriffen ein Messinstrument für den Transport vor. Die Apparatur, die eine Forschungsgruppe am PSI in den vergangenen zehn Monaten entwickelt und zusammengebaut hat, ist zur Absicherung von einem etwa zweieinhalb Meter hohen Gestänge umrahmt. «Wir werden damit zerstörungsfrei bestimmen können, aus welchen chemischen Elementen eine Probe besteht», erklärt Lars Gerchow, verantwortlich für das Design des Instruments. Dazu benötigen sie spezielle Elementarteilchen, sogenannte Myonen.

Gerchow, seine Kollegin Sayani Biswas und weitere Helfende befinden sich in der grossen Halle, in der die Myonen-Quelle des PSI untergebracht ist. Myonen sind Elementarteilchen, die als Teil der kosmischen Strahlung allgegenwärtig natürlich vorkommen. «Im Schnitt durchquert jede Sekunde ein Myon unseren Kopf», erklärt der Physiker. Am PSI werden diese Teilchen jedoch künstlich erzeugt mithilfe eines grossen Beschleunigers.

Das Messinstrument ist bereit für den Weg zum vorgesehenen Platz – eine heikle Aufgabe, für die ein Hallenkran benötigt wird. Der Kranführer bekommt vom Boden aus Anweisungen via Funk, dann fliegt das Instrument in die Höhe.

Gold und Silber aus der Römerstadt

Im Kontrollraum, von dem aus die Physikerinnen und Physiker das Myonen-Experiment steuern werden, trifft derweil die Archäologin Isabel Megatli letzte Vorbereitungen für ihren Einsatz. Sie hat kostbare Gold- und Silberobjekte mitgebracht, die in Augusta Raurica ausgegraben wurden, einer der bedeutendsten römischen Fundstätten der Schweiz, rund zehn Kilometer östlich von Basel. Besonders hübsch sind zwei Figürchen aus dem 2. Jahrhundert nach Christus, Darstellungen römischer Gottheiten aus einem Hausheiligtum. Der nur gut sechs Zentimeter hohe Herkules, mit Löwenfell über dem Arm, wird von einem mythologischen Eber begleitet, den die Forschenden unter sich «das Schweinchen» nennen. Minerva trägt ein faltenreiches Gewand und einen extravaganten Helm.

Die Statuetten wurden aus Silber gegossen und teilweise vergoldet. «Wir möchten wissen, welche Silberlegierung verwendet wurde», sagt Megatli. «Mit bisherigen Methoden können wir nur die äussersten Hundertstelmillimeter untersuchen, oft wurde diese Oberfläche aber über die Jahrhunderte hinweg verfälscht.» Mit Myonen dagegen kann man mehrere Millimeter in die Tiefe blicken.

Auch einige antike Schmuckstücke, die als Grabbeigaben gefunden wurden, hat Megatli mitgebracht. «Die Giesser der Antike hatten jeweils eigene strenge Rezepte», erklärt die Archäologin. «Wenn zwei Objekte dieselbe Legierung haben, wurden sie

«Wir konnten zeigen, dass Minerva und Herkules aus einer hochwertigen Silberlegierung bestehen.»

Isabel Megatli, wissenschaftliche Mitarbeiterin, Römerstadt Augusta Raurica.

also wahrscheinlich in der gleichen Werkstatt hergestellt.» Mit weiteren Untersuchungen können die Forschenden teilweise sogar bestimmen, aus welcher Mine die verwendeten Metallerze stammen. «Und auch Fälschern können wir auf die Schliche kommen», sagt Megatli. «Denn beispielsweise Aluminium wird erst seit dem 19. Jahrhundert verarbeitet.»

Fingerabdruck der Elemente

Die Physikerin Sayani Biswas erklärt, wie das Experiment funktionieren wird: «Wir haben eine Probe, darauf schicken wir negativ geladene Myonen.» Ein Atom in der Probe fängt ein Myon ein. Anstelle eines Elektrons umkreist nun ein Myon den Atomkern. Es befindet sich anfänglich in einem angeregten Zustand und fällt dann stufenweise in seinen Grundzustand. Dabei wird Röntgenstrahlung ausgesendet. Die Energie dieser Strahlung ist charakteristisch für den Atomtyp, also das Element, welches das Myon eingefangen hat. Biswas, die für die Datenverarbeitung und Datenanalyse verantwortlich ist, zeigt auf eine früher aufgenommene Kurve mit spitzen Ausschlägen, ein sogenanntes Spektrum. Jedes Element hat ein spezifisches Muster solcher Linien im Spektrum – wie ein Fingerabdruck.

In der Halle ist das Messinstrument nun unter grösster Vorsicht heil an seinem Zielort angekommen. Nun befestigen mehrere Fachleute die sechs grossen Röntgendetektoren am Gestänge.

Auch Alex Amato hilft mit, Leiter ad interim des Bereichs Forschung mit Neutronen und Myonen am PSI. Er hat das Projekt initiiert, an dem sich neben dem PSI die Römerstadt Augusta Raurica, die Empa und das Naturhistorische Museum Bern beteiligen und das vom Schweizerischen Nationalfonds im Rahmen des Sinergia-Programms mit knapp ein- einhalb Millionen Franken unterstützt wird. «Am PSI versuchte man schon vor dreissig Jahren, mit Myonen die elementare Zusammensetzung von Material bis tief in dessen Inneres zu bestimmen, doch damals war der Teilchenstrahl nicht intensiv genug», erklärt der Forschungsleiter. «Heute sind wir zwan- zigmal besser. Und wir haben tausendmal mehr Intensität als die Kollegen in England und Japan bei ihren ähnlichen Experimenten.»

Sayani Biswas und Lars Gerchow besprechen an der Myonen-Strahllinie das anstehende Experiment.



Im Sinergia-Beschrieb steht denn auch: «Dieses Projekt zielt darauf ab, die Schweiz zu einem weltweit führenden Standort in der zerstörungsfreien Elementanalyse zu machen.» Und man erwarte eine grosse Nachfrage von Industrie, Kultur und akademischen Bereichen.

Doch noch stehen die Forschenden am Anfang – versammelt im Kontrollraum vor einer Reihe von Computer-Bildschirmen. Im Experimentierbereich sind jetzt keine Menschen mehr. Hier warten nur die Statuetten von Herkules und Minerva auf ihren jeweiligen Einsatz. In eigens zurechtgeschnittenen Schaumstoffhalterungen stehen sie in Metallrahmen, die wiederum auf einer Schiene vor den Detektoren in Position gebracht wurden. Lars Gerchow gibt im Kontrollraum das Kommando: «Wir können den Strahl starten.» Damit beginnen die Messungen, die nun rund um die Uhr fortgesetzt werden.

Batterien im Myonen-Strahl

Zwei Tage später platzieren die Forschenden ein völlig anderes Objekt in den Myonen-Strahl: Eine Lithium-Ionen-Batterie. «Wir wollen herausfinden, wie die Batterie durch ihren Einsatz altert», erklärt Ryo Asakura, Forscher an der Empa in Dübendorf. Er hat deshalb eine neue sowie eine bereits gebrauchte Batterie ans PSI mitgebracht – flache Päckchen, die ähnlich aussehen wie die Akkus in Smartphones. «Die Kathode dieser Batterien enthält Nickel, Mangan und Kobalt», erklärt Asakura. Mit der Zeit lösen sich diese Metalle von der Kathode ab – was zur Alterung dieses Batterie-Typs beiträgt. Die Messungen mit den Myonen sollen diesen

Vorgang sichtbar machen. Später möchten die Forschenden das Lithium in der Batterie verfolgen. Die Ergebnisse sollen helfen, die Energiedichte und die Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien zu verbessern.

Nach einer Woche sind die Messungen sowohl der antiken Objekte als auch der Batterien beendet. «Bei der Batterie sehen wir im Spektrum schöne Linien für Nickel, Mangan und Kobalt», sagt Sayani Biswas zufrieden. In den kommenden Wochen wird Ryo Asakura die Batterien an der Empa immer wieder laden und entladen, um in einer zweiten Messperiode die Veränderungen nach diesem Alterungsprozess zu beobachten.

Die Ausschläge zeigen zwei Silberisotope

In den Messdaten der Proben aus Augusta Raurica zeigt Sayani Biswas auf einige sich überlappende Ausschläge: «Hier kann man zwei verschiedene Silberisotope sehen», also minimal verschiedenartige Atomarten von Silber. Das Verhältnis dieser Isotope kann der Archäologin Isabel Megatli helfen, die Herkunft des Silbers zu bestimmen. Sie ist bereits von den vorläufigen Ergebnissen begeistert: «Wir konnten zeigen, dass Minerva und Herkules aus einer hochwertigen Silberlegierung bestehen.»

Die nächste Messperiode ist in zwei Monaten geplant. Dann soll neben weiteren antiken Stücken und den Lithium-Ionen-Batterien auch eine Pfeilspitze aus der Bronzezeit untersucht werden, die womöglich aus Meteoritenmaterial hergestellt wurde. «Auch bei dieser Frage ist unsere zerstörungsfreie Methode hervorragend geeignet», sagt Lars Gerchow. ◆

Aktuelles aus der PSI-Forschung

1 Neuer, besserer Corona-Virus-Schnelltest

Forschende des Paul Scherrer Instituts PSI und der Universität Basel haben einen Covid-19-Schnelltest entwickelt. Sein neuartiges Funktionsprinzip erlaubt zuverlässige und quantifizierbare Aussagen über eine Covid-19-Erkrankung und deren Verlauf. Aber auch Covid-Varianten oder andere Erreger wie die Grippe lassen sich mit ihm nachweisen. Anders als Antigen-Tests weist er nicht direkt Bestandteile des Virus nach, sondern die Antikörper, die das Immunsystem als Reaktion auf die Infektion produziert. Er nutzt dabei unter anderem sehr enge Röhren, sogenannte Kapillaren, in denen Kügelchen mit angedockten Antikörpern an bestimmten Stellen hängen bleiben. Der Test verspricht erheblich mehr Aussagekraft und ist genauso günstig, schnell und einfach zu handhaben wie die bisherigen Antikörper-Tests. Bis er zum Einsatz kommen kann, muss er allerdings noch weiter getestet und optimiert werden.

Weitere Informationen:
<http://psi.ch/de/node/49630>

Mit **29** Blutproben wurde das neue Test-Kit überprüft.

In nur **2** Minuten soll der Test nach einer Optimierung durchzuführen sein.

Etwa **100** Mal dünner als ein menschliches Haar sind die Test-Kapillaren an ihrer engsten Stelle.

2 Simulation hilft bei Aufräumarbeiten in Fukushima

Ein internationales Team unter Federführung der Universität Sheffield und Beteiligung des PSI hat eine neue Simulation der gefährlichsten radioaktiven Trümmer des havarierten Kernkraftwerks im japanischen Fukushima entwickelt. Anhand der Erkenntnisse über die in den Reaktoren von Fukushima verwendeten Materialien – beispielsweise Brennstoff, Ummantelung und Beton – wurde ein Rezept für die Brennstofftrümmer entwickelt. Die Forschenden erhitzten diese Materialien auf die extrem hohen Temperaturen, die während des Unfalls herrschten, und stellten so ein Pendant zu den Brennelementtrümmern mit geringer Radioaktivität her. Mithilfe des Simulationsmaterials können die Behörden nun, fast elf Jahre nach der Katastrophe, erstmals mehr über die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften der Trümmer erfahren und sichere Strategien für deren Beseitigung entwickeln. Für ihre Untersuchungen nutzten die Forschenden die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS. Ihre Studie könnte den Aufräumarbeiten einen enormen Schub geben.

Weitere Informationen:
<http://psi.ch/de/node/49916>

3 Mehr Einblick in den Sehsinn

PSI-Forschende haben einen wichtigen Bestandteil im Auge aufgeklärt. Es handelt sich um ein Protein in den Stäbchenzellen der Netzhaut, die es uns ermöglichen, bei Dämmerlicht zu sehen. Das Protein sorgt als Ionenkanal in der Zellmembran dafür, dass das Sehsignal vom Auge ins Gehirn weitergeleitet wird. Der Ionenkanal besitzt die Aufgabe eines Pförtners, der regelt, ob und welche Teilchen ins Innere der Sinneszelle gelangen können. Er ist in die fettreiche Hülle – die Zellmembran – der Stäbchenzellen eingebettet. In der Dunkelheit ist der Ionenkanal und damit das Tor in die Zelle vollständig geöffnet. Trifft Licht auf das Auge, wird in den Stäbchenzellen eine Kaskade von Prozessen in Gang gesetzt. Das sorgt letztendlich dafür, dass sich das Tor schliesst und positiv geladene Teilchen wie Kalziumionen nicht mehr in die Zelle strömen können. Dieses elektrochemische Signal setzt sich über Nervenzellen bis ins Sehzentrum des Gehirns fort, wo wir dann zum Beispiel einen Lichtblitz wahrnehmen. Menschen, bei denen das Molekül aufgrund einer Erbkrankheit nicht richtig funktioniert, erblinden. Die Forschenden haben nun die dreidimensionale Struktur des Proteins entziffert und so dabei mitgeholfen, den Weg für eine zukünftige Heilmethode zu ebnet.

Weitere Informationen:
<http://psi.ch/de/node/49360>

4 Mist und Gülle als Energie-Ressourcen

Hofdünger, also Mist und Gülle, werden in der Schweiz kaum zur Energiegewinnung genutzt. Dabei könnte ihre Vergärung nicht nur fossile Brennstoffe ersetzen, sondern auch die Landwirtschaft klimafreundlicher machen. Eine Publikation von Energieforschenden, unter anderem von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL und dem PSI, soll Fachleuten aus Behörden und Praxis helfen, diese wertvolle Ressource besser zu nutzen. Die Studie gibt zahlreiche Hinweise für Verbesserungen. So könnten technische Neuerungen bei den Verfahren die Anlagen für die Biogasgewinnung rentabler machen. Vorbehandlungen mit Mikroorganismen erhöhen die Energieausbeute, ebenso die Trennung von festen und flüssigen Bestandteilen des Stallabfalls. In der meist ungenutzten Abwärme der Anlagen steckt weitere Energie. Zusammengefasst könnten dies Investitionen in Vergärungsanlagen für Landwirte attraktiver machen. Als Alternative zur Vergärung von Mist und Gülle bieten sich sogenannte hydrothermale Verfahren an, da die Umwandlung der Biomasse weitgehend verlustfrei erfolgen kann. Davon könnte die Stromversorgung im ganzen Land profitieren.

Weitere Informationen:
<http://psi.ch/de/node/49910>

Kunst am PSI

Kunstwerke können uns durch ihre Schönheit begeistern, uns zum Nachdenken veranlassen oder uns ganz einfach nur amüsieren.

Sie bieten uns an, für Momente den geregelten Alltag zu vergessen und wie durch ein Fenster in andere Welten zu schauen.

Auf diesen Seiten zeigen wir Ihnen eine Auswahl von Kunstwerken, die am PSI zur Begegnung einladen.

Text: Christian Heid

Kristallines Wachstum

Gerda Steiner & Jörg Lenzlinger, 2008

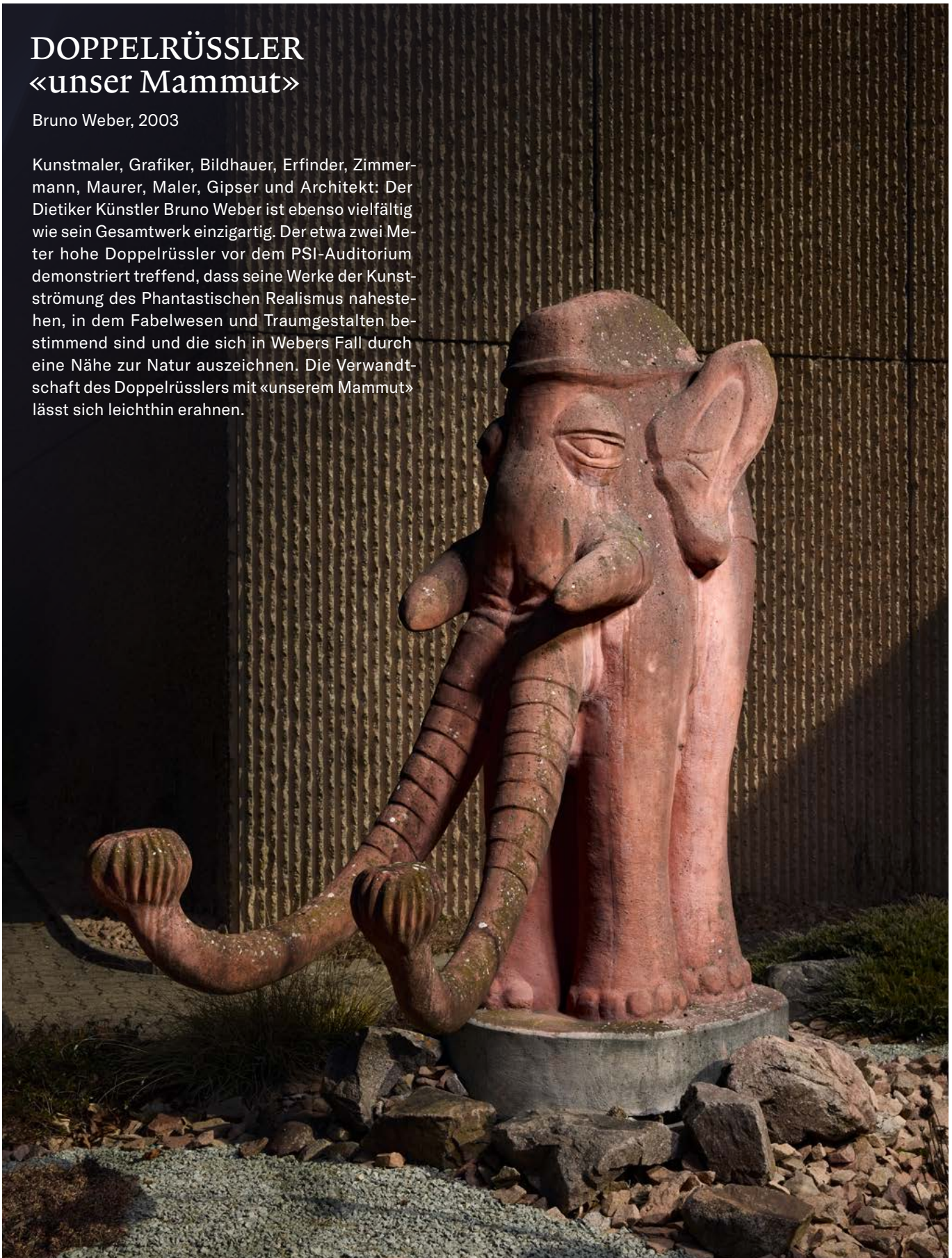
Gelb, Orange, Rot, Braun, Hell- und Dunkelgrün, Hell- und Dunkelblau – in diesen Farben scheinen diese kunterbunten Kristalle im neu gestalteten Besucherzentrum nahezu zu schweben. Dort, wo sich die kugeligen, koralligen oder nadelförmigen Kristallformen begegnen, entstehen neue Formen und Farben. Inszeniert vom Künstlerduo Steiner / Lenzlinger entwachsen die Kristalle einer gesättigten Salzlösung durch das allmähliche Verdunsten des Wasseranteils, wobei die unterschiedlichen Inhaltsstoffe Form und Farbe bestimmen. Kristalle werden ansonsten am PSI in der Forschung zu Materialien und in der Biologie verwendet.



DOPPELRÜSSLER «unser Mammut»

Bruno Weber, 2003

Kunstmaler, Grafiker, Bildhauer, Erfinder, Zimmermann, Maurer, Maler, Gipser und Architekt: Der Dietiker Künstler Bruno Weber ist ebenso vielfältig wie sein Gesamtwerk einzigartig. Der etwa zwei Meter hohe Doppelrüssler vor dem PSI-Auditorium demonstriert treffend, dass seine Werke der Kunstströmung des Phantastischen Realismus nahestehen, in dem Fabelwesen und Traumgestalten bestimmend sind und die sich in Webers Fall durch eine Nähe zur Natur auszeichnen. Die Verwandtschaft des Doppelrüsslers mit «unserem Mammut» lässt sich leichthin erahnen.





Spirale

Cornélia Patthey, 2016

Mit ihren drei Metern Durchmesser ist diese verspiegelte Spirale der Lausanner Künstlerin Cornélia Patthey ein imposantes Kunstwerk in der Eingangshalle zum Schweizer Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL. Sie empfängt Besuchende der Grossforschungsanlage, die sich ihrerseits über siebenhundertvierzig Meter Länge erstreckt. Beim Betrachten wird der Blick in zwei Unendlichkeiten geführt: Hinein in das unendlich Kleine und hinaus in das unendlich Grosse. Mit dieser Gegenläufigkeit steht die Spirale für etwas Allumfassendes, etwas Ewiges, das Antworten herausfordert auf die Fragen nach dem Wie und Warum – Fragen, bei denen sich Kunstschaffende und Forschende nahe sind.



«CYCLUS»

Beni Schweizer, 1983/84

Die goldfarben-glänzenden Stäbe dieser Installation im Treppenhaus des Auditoriums ziehen den Blick sofort in ihren Bann. Egal, ob man nun in das Untergeschoss hinunter- oder in den ersten Stock hinaufgeht, man umkreist auf seinem Weg das Kunstwerk des Autodidakten Beni Schweizer, das das Treppenauge, die lichte Öffnung der Treppe, ausfüllt. Umkreisen: Das lateinische Wort *cyclus* bedeutet Kreislauf und die lateinische Schreibweise – in Grossbuchstaben und apostrophiert – verweist nachdrücklich auf eine andere, die antike Zeitvorstellung, die stark geprägt war vom immer wiederkehrenden Kreislauf der Natur und der Gestirne.

Liegende Figur

Roman Signer, 1998

Walter A. Bechtler-Stiftung

Unweit von der Aare, die mitten durch das PSI fliesst, befindet sich dieses Kunstwerk: Unter den Fersen der schwarzen Gummistiefel sind Düsen installiert, die Wasserstrahlen formen und die abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden. Die Mechanik, an der die beiden Stiefel fixiert sind, hat Spiel, sodass Bewegungen, Stillstand und eine Mischung aus beidem möglich sind. Der Appenzeller Künstler Roman Signer hat alles so konzipiert, dass Stillstand und Bewegung unberechenbar vonstattengehen. Über dem asphaltierten Grund besitzt die «Liegende Figur» somit ein unvorhersehbares Eigenleben.





Chancen ergreifen

Als Doktorand baute Philipp Kraft am PSI einen neuartigen Röntgen-detektor. Heute wirkt er bei der Modernisierung des Testzentrums eines Finanzinstituts mit. Seine Arbeit im Homeoffice funktioniert zwar gut, hat aber auch Tücken.

Text: Barbara Vonarburg

«Architekt im Testzentrum» lautet die Berufsbezeichnung von Philipp Kraft bei der Postfinance, dem Finanzinstitut der Schweizerischen Post. Damit ist kein Baufachmann im herkömmlichen Sinn gemeint, Kraft befasst sich vielmehr mit Informationstechnologien. «Als IT-Architekt plane und unterstütze ich Vorhaben für Verbesserungen, Optimierungen und generell die Modernisierung innerhalb des Testzentrums», erklärt der 44-jährige Physiker, der am PSI promovierte. «Ich erarbeite Visionen, Zielbilder und Roadmaps für die künftige IT-Entwicklung und vertrete das Testzentrum, wenn es um übergreifende Fragen der IT-Architektur im Unternehmen geht.»

Das Testzentrum ist ein wesentlicher Teil jeder Bank. «Diese Abteilung bestimmt, ob eine neue Software freigegeben wird oder nicht», erklärt Kraft. So muss beispielsweise garantiert werden, dass eine Kontoeröffnung korrekt im Archiv hinterlegt wird oder dass bei einer Zahlung alles am richtigen Ort ankommt und verbucht wird. «Wir machen die Systemtests», sagt Kraft und ergänzt: «Zurzeit sind wir in einer Übergangsphase.» Früher erarbeitete ein Applikationsteam eine neue Software, liess sie dann im Testzentrum prüfen und wenn alles in Ordnung war, schaltete man die neue Version zweimal im Jahr live. «Heutzutage sind alle agil», sagt Kraft. Das heisst, Software wird kontinuierlich bereitgestellt, und eine schnelle Freischaltung wäre das Ziel. «Davon sind wir leider noch relativ weit entfernt», sagt der IT-Architekt. Zwar gebe es inzwischen jährlich vier Freigabe-Termine, es brauche aber noch viel mehr Automatisierung und Qualitätssicherung, und zwar so früh wie möglich im Entwicklungsprozess. «Dies ist zurzeit eines meiner Hauptthemen.» Kraft hat seine Arbeit bei Postfinance im August 2020 begonnen, mitten in der Corona-Krise, und er ist deshalb nicht im Büro am Firmensitz in Bern, sondern zu Hause in einer Umgebung, die auf den ersten Blick so gar nicht zur nüchternen Finanzwelt zu passen scheint. Die Inneneinrichtung des Hauses ist originell gestaltet mit vielen farbenfrohen Bildern und witzigen Jagdtrophäen aus einem

alten Fundus an den Wänden. «Dafür ist meine Frau zuständig.» erklärt Kraft. «Ihr Hobby ist die Malerei, sie hat das künstlerische Flair. Ich bin fürs Technische verantwortlich, zum Beispiel für den Staubsaugerroboter und die automatische Steuerung der Lampen und Rollläden.» Katzenkratzbäume verraten zudem die Existenz von zwei vierbeinigen Mitbewohnern, und tatsächlich hat schon bald Kater Gaston seinen Auftritt. Die grosse Katze mit seidigem Pelz und blauen Augen begrüsst die Besucher und verfolgt das Geschehen interessiert.

Das Homeoffice funktioniere im Allgemeinen gut, erzählt Kraft, obwohl er von einigen Leuten, mit denen er zusammenarbeitet, bisher nur ein Profilbild gesehen hat. Es gebe aber schon Situationen, in denen die physische Präsenz besser wäre, zum Beispiel bei Mitarbeitergesprächen, wenn nicht alles rund gelaufen sei, oder wenn man aus dem Stegreif etwas visualisieren möchte, um es zu erklären. «Da kämpft man am Computer mit der Technik, während man sonst auf Papier oder an eine Wandtafel zeichnen kann», sagt er.

Physikstudium trotz Zweifel

Dass er dereinst bei einer Bank arbeiten würde, hätte Kraft als Jugendlicher kaum gedacht. Eigentlich wollte er eine Lehre als Elektroniker oder Physiklaborant beginnen. «Beim Schnuppern habe ich aber gemerkt, dass nicht der Laborant, sondern der Physiker den richtig coolen Job hat», erzählt er. Er besuchte in der Folge die Kantonsschule, doch nach der Matura kamen ihm erneut Zweifel, wohin sein Weg führen sollte: «Ich spielte damals in einer Band Saxofon und überlegte, Musiker zu werden.» Da gab ihm der Musiklehrer den Tipp, in den Ferien drei Tage lang jeweils acht Stunden Musik zu machen. Der junge Saxofonist befolgte den Rat und befand: «Das reicht.» Auf Anraten seiner Mutter meldete er sich für eine Laufbahnberatung an. «Aufgrund von Intelligenz- und anderen Tests wurde mir vom Physikstudium abgeraten», erzählt Kraft: «Der Psychologe meinte, ich müsste Tag und Nacht arbeiten, um

das Studium überhaupt zu schaffen.» Was wohl als Abschreckung gedacht war, entpuppte sich für Kraft als Ansporn. Er schrieb sich an der ETH Zürich als Physikstudent ein und reüssierte.

Seine Diplomarbeit wollte er auf dem Gebiet der Teilchenphysik machen, um dem Ursprung des Universums auf den Grund zu gehen. Deshalb wurde er persönlich beim Paul Scherrer Institut vorgestellt. Doch die Teamleiter der PSI-Teilchenphysik hatten keine freien Kapazitäten. «Man riet mir, den Gang hinunterzugehen, dort benutze eine andere Gruppe die gleichen Technologien», erzählt Kraft: «Ich hatte Riesenglück.» Denn die topmotivierte Gruppe, die ihn freundlich in Empfang nahm, war mitten in der Entwicklung neuartiger Detektoren für die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS – ein Unterfangen, das sich schlussendlich als so erfolgreich erwies, dass daraus das Spin-off-Unternehmen Dectris entstand. Heute ist Dectris weltweit führend beim Verkauf dieser Pilatus genannten und weiterer Röntgenlicht-Detektoren für Synchrotron-Anlagen. Siliziumsensoren wandeln die Röntgenphotonen in elektrische Ladungen um, die elektronisch erfasst und verarbeitet werden. So können die einzelnen Photonen gezählt werden.

Eine einschneidende Diagnose

Kraft packte die Chance, als Diplomand in dieser Gruppe mitzuarbeiten. Für seine Abschlussarbeit durfte er den sehnlichst erwarteten, neuen Auslese-Chip untersuchen und half, einen Fehler darauf zu beheben. Die Arbeit im Team gefiel ihm so gut, dass er für seine Doktorarbeit am PSI blieb. Während die ersten Pilatus-Detektoren zur Untersuchung von Proteinkristallen verwendet wurden, sollte Kraft einen kleineren Detektor bauen für die sogenannte Kleinwinkelröntgenstreuung, mit der sich Nanostrukturen verschiedenster Materialien abbilden lassen. Der Doktorand beschäftigte sich mit der Software für den Detektor, schrieb Automatisierungs-Skripts für Experimente und machte Datenanalysen, als er mit 28 Jahren Krebs bekam. «Die Diagnose war völlig unerwartet und einschneidend», sagt Kraft. Er musste sich einer Chemotherapie unterziehen und wurde zu 100 Prozent krankgeschrieben. «Doch zu Hause in meiner kleinen Wohnung fiel mir die Decke auf den Kopf», erinnert er sich. Deshalb ging er weiterhin ans PSI, wo er Gesellschaft hatte, und arbeitete, wann immer es ihm möglich war. So konnte er seine Doktorarbeit trotzdem erfolgreich beenden.

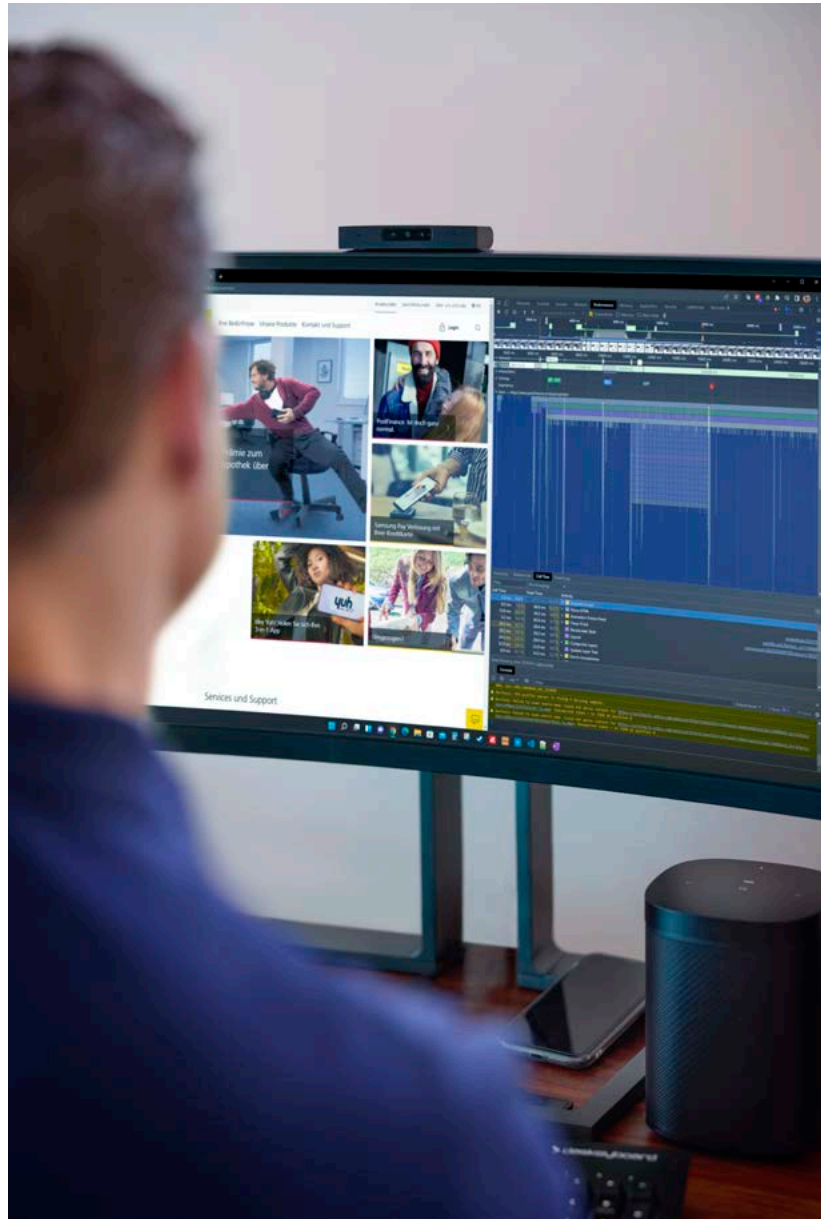
An einer Konferenz im kalifornischen Berkeley trug er seine Resultate vor und erwog, weiter an der Westküste der USA zu forschen, doch zu Hause verwarf er diese Idee. «Ich hatte mich kurz zuvor Hals über Kopf verliebt und meine Traumfrau – sie ist es

nach wie vor – wollte lieber in der Schweiz bleiben», erzählt er. Dieses frisch gewonnene Glück wollte er nicht verspielen. Deshalb nahm er das Angebot der IT-Firma «Supercomputing Systems» (SCS) an und arbeitete siebeneinhalb Jahre für dieses Unternehmen in Zürich, bevor er 2017 zum Messtechnik-Spezialisten Kistler-Gruppe in Winterthur wechselte. Bei SCS arbeitete er als Software-Entwickler und später als Projektleiter für verschiedenste Kunden, zum Beispiel an der Entwicklung eines intelligenten Torsensors oder eines neuen Instruments für die Blutgruppenbestimmung.

Bei Kistler war Kraft dann Leiter der Produktentwicklung und Software-Projektleiter auf den Gebieten Strassen und Verkehr, Biomechanik und Schnittkraft. Dabei ging es vor allem um die Anwendung bereits bestehender Sensoren. «Wir haben zum Beispiel verschiedene Kraftsensoren in einen Sprintstartblock integriert und dafür die Auslese-Elektronik sowie die Software für die Auslese und Analyse entwickelt», erzählt Kraft. Die Software-Entwicklung fand dabei in der Slowakei statt. «Das war am Anfang sehr spannend», erinnert er sich. Doch schnell wurden die Probleme bei der neuen und damals hochgelobten, agilen Arbeitsweise der Software-Ingenieure deutlich: Sie erschwerte die Planung. Wurden zudem nach einer ersten Entwicklungsphase neue Anforderungen gestellt, musste die Architektur des Projekts mitwachsen. «Doch wenn man mit einem Gartenhäuschen anfängt und versucht, daraus ein Mehrfamilienhaus zu bauen, ist das Fundament einfach nicht gut genug», erklärt Kraft.

Mit Kursen und der Lektüre von viel Fachliteratur bildete sich Kraft in Software-Themen weiter. Nun setzt er sein Wissen bei Postfinance ein. Als Ausgleich zur Denkarbeit treibt er gerne Sport. «Ich starte jeden Tag um sechs Uhr mit einem Fitness-Training, bevor ich um acht Uhr mit der Arbeit beginne», erzählt er. Zusammen mit seiner Frau reist er gern, meist in den Süden Europas oder kürzlich nach Guadeloupe, inspiriert durch die Fernsehserie «Death in Paradise», in der ein britischer Inspektor in der Karibik in tropischer Umgebung verzwickte Kriminalfälle löst. «Die Landschaft war wirklich so schön wie im Film», erzählt Kraft. Ans PSI denkt er gern zurück. Vor allem das internationale Umfeld und die Teamkollegen beeindruckten ihn. «Ich war der junge Wilde, während die anderen Familie hatten, der Zusammenhalt war aber trotzdem da», sagt er: «Es war eine gute Zeit.» ♦





«Aufgrund von Tests wurde
mir vom Physik-Studium abgeraten.»

Philipp Kraft, Software-Spezialist bei Postfinance

Im Aargau zu Hause
forschen wir für die Schweiz
in weltweiter Zusammenarbeit.





5232 ist die Adresse für Forschung an Grossforschungsanlagen in der Schweiz. Denn das Paul Scherrer Institut PSI hat eine eigene Postleitzahl. Nicht unge-rechtfertigt, finden wir, bei einem Insti-tut, das sich über 342000 Quadratmeter erstreckt, eine eigene Brücke über die Aare besitzt und mit 2200 Beschäftigten mehr Mitarbeitende hat, als so manches Dorf in der Umgebung Einwohner.

Das PSI liegt im Kanton Aargau auf beiden Seiten der Aare zwischen den Gemeinden Villigen und Würenlingen. Es ist ein Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften des Bun-des und gehört zum Eidgenössischen Technischen Hochschul-Bereich (ETH-Bereich), dem auch die ETH Zürich und die ETH Lausanne angehören sowie die Forschungsinstitute Eawag, Empa und WSL. Wir betreiben Grundlagen- und angewandte Forschung und arbeiten so an nachhaltigen Lösungen für zentrale Fragen aus Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft.

Komplexe Grossforschungsanlagen

Von der Schweizerischen Eidgenossen-schaft haben wir den Auftrag erhalten, komplexe Grossforschungsanlagen zu entwickeln, zu bauen und zu betreiben. Unsere Anlagen sind in der Schweiz ein-zigartig, manche Geräte gibt es auch weltweit nur am PSI.

Zahlreiche Forschende, die auf den un-terschiedlichsten Fachgebieten arbeiten, können durch Experimente an solchen Grossforschungsanlagen wesentliche Erkenntnisse für ihre Arbeit gewinnen. Gleichzeitig sind Bau und Betrieb derar-tiger Anlagen mit einem so grossen Auf-wand verbunden, dass Forschergruppen an den Hochschulen und in der Industrie an der eigenen Einrichtung solche Mess-geräte nicht vorfinden werden. Deshalb stehen unsere Anlagen allen Forschenden offen.

Um Messzeit für Experimente zu er-halten, müssen sich die Forschenden aus dem In- und Ausland jedoch beim PSI bewerben. Mit Experten aus aller Welt besetzte Auswahlkomitees bewerten diese Anträge auf ihre wissenschaft-liche Qualität hin und empfehlen dem PSI, wer tatsächlich Messzeit bekom-men soll. Denn obwohl es rund 40 Mess-plätze gibt, an denen gleichzeitig Ex-perimente durchgeführt werden können, reicht die Zeit nie für alle eingegan-genen Bewerbungen. Rund die Hälfte bis zwei Drittel der Anträge müssen abgelehnt werden.

Etwa 1900 Experimente werden an den Grossforschungsanlagen des PSI jährlich durchgeführt. Die Messzeit ist am PSI für alle akademischen Forschenden kostenlos. Nutzer aus der Industrie können für ihre proprietäre Forschung in einem besonderen Verfahren Messzeit kaufen und die Anlagen des PSI für ihre

5

schweizweit einzigartige
Grossforschungsanlagen

800

Fachartikel jährlich, die auf
Experimenten an den
Grossforschungsanlagen beruhen

5000

Besuche jährlich von Wissen-schaftlern aus der ganzen Welt, die an diesen Grossforschungs-anlagen Experimente durchführen

angewandte Forschung verwenden. Das PSI bietet dafür spezielle Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen an.

Insgesamt unterhält das PSI fünf Grossforschungsanlagen, an denen man in Materialien, Biomoleküle oder technische Geräte blicken kann, um die Vorgänge in deren Innerem zu erkunden. Dort «leuchten» die Forschenden bei ihren Experimenten mit unterschiedlichen Strahlen in die Proben, die sie untersuchen wollen. Dafür stehen Strahlen von Teilchen – Neutronen bzw. Myonen – oder intensivem Röntgenlicht – Synchrotronlicht bzw. Röntgenlaserlicht – zur Verfügung. Mit den verschiedenen Strahlenarten lässt sich am PSI eine grosse Vielfalt an Materialeigenschaften erforschen. Der grosse Aufwand hinter den Anlagen ergibt sich vor allem daraus, dass man grosse Beschleuniger braucht, um die verschiedenen Strahlen zu erzeugen.

Drei eigene Schwerpunkte

Das PSI ist aber nicht nur Dienstleister für externe Forschende, sondern hat auch ein ehrgeiziges eigenes Forschungsprogramm. Die von PSI-Forschenden gewonnenen Erkenntnisse tragen dazu bei, dass wir die Welt um uns besser verstehen, und schaffen die Grundlagen für die Entwicklung neuartiger Geräte und medizinischer Behandlungsverfahren.

Gleichzeitig ist die eigene Forschung eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg des Nutzer-Programms an den Grossanlagen. Denn nur Forschende, die selbst an den aktuellen Entwicklungen der Wissenschaft beteiligt sind, können die externen Nutzer bei ihrer Arbeit unterstützen und die Anlagen so weiterentwickeln, dass diese auch in Zukunft den Bedürfnissen der aktuellen Forschung entsprechen.

Unsere eigene Forschung konzentriert sich auf drei Schwerpunkte. Im Schwerpunkt Materie und Material untersuchen wir den inneren Aufbau verschiedener Stoffe. Die Ergebnisse helfen, Vorgänge in der Natur besser zu verstehen und liefern die Grundlagen für neue Materialien in technischen und medizinischen Anwendungen.

Ziel der Arbeiten im Schwerpunkt Energie und Umwelt ist die Entwicklung neuer Technologien für eine nachhaltige

und sichere Energieversorgung sowie für eine saubere Umwelt.

Im Schwerpunkt Mensch und Gesundheit suchen Forschende nach den Ursachen von Krankheiten und nach möglichen Behandlungsmethoden. Im Rahmen der Grundlagenforschung klären sie allgemein Vorgänge in lebenden Organismen auf. Zudem betreiben wir in der Schweiz die einzige Anlage zur Behandlung von spezifischen Krebserkrankungen mit Protonen. Dieses besondere Verfahren macht es möglich, Tumore gezielt zu zerstören und dabei das umliegende Gewebe weitgehend unbeschädigt zu lassen.

Die Köpfe hinter den Maschinen

Die Arbeit an den Grossforschungsanlagen des PSI ist anspruchsvoll. Unsere Forscherinnen, Ingenieure und Berufsleute sind hoch spezialisierte Experten. Uns ist es wichtig, dieses Wissen zu erhalten. Daher sollen unsere Mitarbeitenden ihr Wissen an junge Menschen weitergeben, die es dann in verschiedenen beruflichen Positionen – nicht nur am PSI – einsetzen. Deshalb sind etwa ein Viertel unserer Mitarbeitenden Lernende, Doktorierende oder Postdoktorierende.

IMPRESSUM

5232 – Das Magazin des Paul Scherrer Instituts

Erscheint dreimal jährlich.
Ausgabe 2/2022 (Mai 2022)
ISSN 2504-2262

Herausgeber
Paul Scherrer Institut
Forschungsstrasse 111
5232 Villigen PSI
Telefon +41 56 310 21 11
www.psi.ch

Redaktionsteam
Monika Blétry, Monika Gimmel,
Martina Gröschl, Christian Heid,
Dr. Laura Hennemann,
Sebastian Jutzi (Ltg.),
Dr. Mirjam van Daalen

Design und Art Direction
Studio HübnerBraun

Fotos
Scanderbeg Sauer Photography,
ausser:
Seiten 22/23, 25, 26/27:
Paul Scherrer Institut /
Mahir Dzambegovic;
Seite 38: Paul Scherrer Institut /
Markus Fischer.

Illustrationen und Grafiken
Studio HübnerBraun, ausser:
Cover, Seiten 8–20: Manuel Guédes;
Seiten 6/7: Daniela Leitner;
Seite 41: Adobe Stock.

Mehr über das PSI lesen Sie auf
www.psi.ch

**5232 steht im Internet zur Verfügung
und kann kostenlos abonniert werden
unter**
www.psi.ch/de/5232

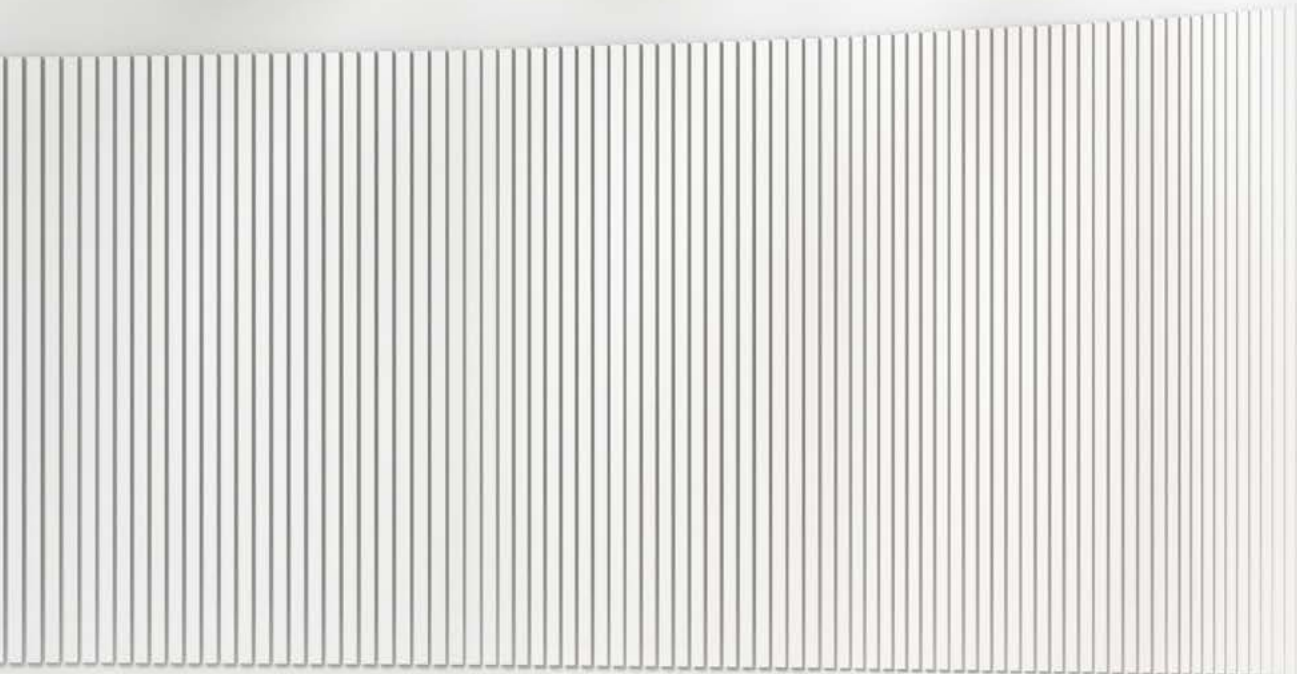
**5232 ist auch auf Englisch und
Französisch erhältlich**
www.psi.ch/fr/5232
www.psi.ch/en/5232





Das erwartet Sie in der nächsten Ausgabe

Die Schweiz hat mit der Energiestrategie 2050 einen schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen bei gleichzeitiger Erhöhung der Energieeffizienz und Ausbau der erneuerbaren Energien. Zudem möchte das Land ab 2050 unter dem Strich keine Treibhausgase mehr ausstossen. Was aber, wenn es zu einem technischen Ausfall oder zu politischen oder ökonomischen Schocks kommt? Wie die Energieversorgung in der Schweiz in den kommenden Jahrzehnten möglichst nachhaltig und störungsfrei erfolgen kann, untersuchen Forschende verschiedener Institutionen unter Federführung des Paul Scherrer Instituts PSI. Dabei betrachten sie ausgewählte Ereignisse, die das Schweizer Energiesystem der Zukunft beeinflussen könnten, oder wie man die Versorgung so gestaltet, dass sie möglichst widerstandsfähig und anpassungsfähig sowie nachhaltig ist.



Paul Scherrer Institut
Forschungsstrasse 111, 5232 Villigen PSI, Schweiz
www.psi.ch | +41 56 310 21 11
